

**Metode uji standar untuk viskositas kinematik dari
cairan transparan dan tak tembus pandang
(perhitungan viskositas dinamik)**

*Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and
Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)*

(ASTM D445–11a, IDT)



© ASTM – All rights reserved

© BSN 2016 untuk kepentingan adopsi standar © ASTM menjadi SNI – Semua hak dilindungi

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

*"This Standard is identical to **ASTM 445–11a, Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)**, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbour Drive, West Conshohocken PA 19428 USA. Reprinted by permission of ASTM International."*

*ASTM International has authorized the distribution of this translation of **SNI 8242:2016**, but recognizes that the translation has gone through a limited review process. ASTM neither represents nor warrants that the translation is technically or linguistically accurate. Only the English edition as published and copyrighted by ASTM shall be considered the official version. Reproduction of this translation, without ASTM's written permission is strictly forbidden under U.S. and international copyright laws.*

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif.....	3
3 Istilah dan definisi	5
4 Ringkasan metode uji	7
5 Arti dan kegunaan.....	7
6 Peralatan.....	7
7 Pereaksi dan bahan	11
8 Standar referensi viskositas bersertifikat.....	12
9 Kalibrasi dan verifikasi	12
10 Prosedur umum untuk viskositas kinematik.....	15
11 Prosedur untuk cairan transparan.....	16
12 Prosedur untuk cairan tak tembus pandang	18
13 Pembersihan viskometer	21
14 Perhitungan.....	21
15 Penyajian hasil.....	22
16 Pelaporan.....	22
17 Presisi	22
18 Kata kunci	26
Lampiran (normatif) A1. Tipe viskometer, kalibrasi dan verifikasi.....	27
Lampiran (normatif) A2. Termometer uji viskositas kinematik	29
Lampiran (normatif) A3. Akurasi pengukur waktu	34
Lampiran (normatif) A4. Menghitung wilayah toleransi keberterimaan (BAND) dalam penentuan kesesuaian dengan bahan referensi bersertifikat (CRM).....	35
Ringkasan perubahan.....	37

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 8242:2016, *Metode uji standar untuk viskositas kinematik dari cairan transparan dan tak tembus pandang (perhitungan viskositas dinamik)* merupakan SNI baru. SNI ini merupakan adopsi identik dari ASTM D445–11a, *Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)* dengan metode terjemahan.

SNI ini disusun untuk memudahkan pengguna dalam memahami metode uji sehingga dapat menerapkannya dengan baik dan benar.

Untuk tujuan ini telah dilakukan perubahan editorial yaitu tanda titik telah diganti dengan tanda koma dan sebaliknya untuk penulisan bilangan.

SNI ini disusun sesuai dengan ketentuan yang diberikan dalam:

- a) Pedoman Standardisasi Nasional PSN 03.1:2007, Adopsi Standar Internasional dan Publikasi Internasional lainnya, Bagian 1: Adopsi Standar Internasional menjadi SNI (ISO/IEC Guide 21-1:2005, *Regional or national adoption of International Standards and other International Deliverables – Part 1: Adoption of International Standards, MOD*),
- b) Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007, Penulisan SNI,
- c) Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 10:2012, Adopsi Standar American Society for Testing and Material menjadi Standar Nasional Indonesia.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 75-02 Produk Minyak Bumi, Gas Bumi dan Pelumas dan telah dibahas dalam rapat konsensus lingkup Komite Teknis di Jakarta pada tanggal 2-3 Desember 2014 yang dihadiri oleh wakil dari produsen, konsumen, tenaga ahli, asosiasi dan peneliti serta instansi teknis terkait lainnya.

Apabila pengguna menemukan keraguan dalam standar ini maka disarankan untuk melihat standar aslinya yaitu ASTM D445-11a dan/atau dokumen terkait lain yang menyertainya.



Metode uji standar untuk viskositas kinematik dari cairan transparan dan tak tembus pandang (perhitungan viskositas dinamik)¹

Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (the calculation of dynamic viscosity)¹

1 Ruang lingkup*

Metode uji ini menggariskan suatu prosedur untuk penentuan viskositas kinematik, ν , produk cair petroleum, baik yang transparan maupun yang tak tembus pandang, dengan mengukur waktu yang diperlukan oleh sejumlah cairan untuk mengalir dengan gravitasi melalui suatu viskometer gelas kapiler yang terkalibrasi. Viskositas dinamis (η), dapat diperoleh dengan cara mengalikan viskositas kinematik (ν), dengan densitas cairan (ρ).

CATATAN 1 Untuk pengukuran viskositas kinematik dan viskositas bitumen, lihat juga Metode Uji D2170 dan D2171.

CATATAN 2 ISO 3140 sesuai dengan Metode uji D445.

1.2. Hasil yang diperoleh dari metode uji ini tergantung pada perilaku sampel dan diutamakan untuk penggunaan pada cairan dimana tegangan geser dan kecepatan geser sebanding (perilaku aliran Newtonian). Jika, viskositas bervariasi secara signifikan dengan kecepatan geser, akan diperoleh hasil yang berbeda dari perbedaan diameter kapiler viskometer. Prosedur dan nilai presisi ini juga mencakup bahan bakar residu, yang pada beberapa kondisi menunjukkan perilaku non-Newtonian.

1 Scope*

1.1 This test method specifies a procedure for the determination of the kinematic viscosity ν , of liquid petroleum products, both transparent and opaque, by measuring the time for a volume of liquid to flow under gravity through a calibrated glass capillary viscometer. The dynamic viscosity, η , by multiplying the kinematic viscosity, ν , by the density, ρ , of the liquid.

NOTE 1 For the measurement of the kinematic viscosity and viscosity of bitumens, see also Test Methods D2170 and D2171.

NOTE 2 ISO 3104 corresponds to Test Method D445.

1.2. The result obtained from this test method is dependent upon the behavior of the sample and is intended for application to liquids for which primarily the shear stress and shear rates are proportional (Newtonian flow behavior). If, however, the viscosity varies significantly with the rate of shear, different results may be obtained from viscometers of different capillary diameters. The procedure and precision values for residual fuel oils, which under some conditions exhibit non-Newtonian behavior, have been included.

¹ Metode uji ini di bawah yurisdiksi ASTM Committee D02 on Petroleum Products and Lubricant dan di bawah tanggung jawab langsung dari Subcommittee D02.07 on Flow Properties.

Edisi terbaru disetujui 1 Mei 2014. Pertama kali disetujui pada Tahun 1937. Edisi terakhir sebelumnya disetujui pada Tahun 2011 sebagai D445-11. DOI:10.1520/D0445-11A.

Dalam IP, metode uji ini di bawah yurisdiksi Standardization Committee.

* Ringkasan Perubahan diberikan pada akhir standar ini.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D02 on Petroleum Products and Lubricants and is the direct responsibility of Subcommittee D02.07 on Flow Properties.

Current edition approved May 1, 2011. Published May 2011. Originally approved in 1937. Last previous edition approved in 2011 as D445-11. DOI:10.1520/D0445-11A.

In the IP, this test method is under the jurisdiction of the Standardization Committee.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

1.3. Rentang viskositas kinematik dalam metode uji ini adalah dari 0,2 sampai dengan 300 000 mm²/detik (lihat Tabel A 1.1) pada semua temperatur (lihat Subpasal 6.3 dan 6.4). Presisi hanya ditentukan untuk bahan-bahan tersebut, rentang viskositas kinematik dan temperatur ditunjukkan dalam catatan kaki pada bagian presisi.

1.4. Nilai-nilai dinyatakan dalam satuan SI sebagai standar. Satuan SI untuk viskositas kinematik yang digunakan dalam metode ini adalah mm²/detik dan untuk viskositas dinamis adalah mPa·detik. Sebagai referensi, 1 mm²/s = 10⁻⁶ m²/s = 1 cSt dan 1 mPa·s = 1 cP = 0,001 Pa·s.

1.5 **PERINGATAN**—Merkuri telah ditetapkan sebagai bahan beracun oleh berbagai lembaga hukum sebab dapat merusak bagian saraf pusat, ginjal dan hati. Merkuri dan uapnya sangat berbahaya bagi kesehatan dan menyebabkan korosi pada material. Hati-hati pada saat menangani merkuri dan produk yang mengandung merkuri. Ikuti petunjuk pada MSDS produk dan website EPA <http://www.epa.gov/mercury/faq.htm> untuk informasi tambahan. Pengguna harus memahami bahwa menjual merkuri dan atau produk yang mengandung merkuri ke dalam wilayah atau Negara adalah melanggar hukum.

1.6. *Standar ini tidak meliputi hal-hal yang berhubungan dengan aspek keselamatan, jika ada, hanya yang berhubungan dengan penggunaannya. Pengguna standar ini bertanggungjawab untuk mengadakan latihan keselamatan dan kesehatan kerja yang tepat dan menentukan batasan peraturan sebelum menggunakan standar ini.*

1.3. The range of kinematics viscosities covered by this test method is from 0,2 to 300 000 mm²/s (see Table A1.1) at all temperatures (see 6.3 and 6.4). The precision has only been determined for those materials, kinematic viscosity ranges and temperatures as shown in the footnotes to the precision section.

1.4. The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The SI unit used in this test method for kinematic viscosity is mm²/s, and the SI unit used in this test method for dynamic viscosity is mPa·s. For user reference, 1 mm²/s = 10⁻⁶ m²/s = 1 cSt and 1 mPa·s = 1 cP = 0,001 Pa·s.

1.5 **WARNING**—Mercury has been designated by many regulatory agencies as a hazardous material that can cause central nervous system, kidney and liver damage. Mercury, or its vapor, may be hazardous to health and corrosive to materials. Caution should be taken when handling mercury and mercury containing products. See the applicable product Material Safety Data Sheet (MSDS) for details and EPA's website—<http://www.epa.gov/mercury/faq.htm>—for additional information. Users should be aware that selling mercury and/or mercury containing products into your state or country may be prohibited by law.

1.6. *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2 Acuan normatif

2.1 Standar ASTM:²

D446, *Specifications and Operating Instructions for Glass Capillary Kinematic Viscometers*
D1193, *Specification for Reagent Water*
D1217, *Test Method for Density and Relative Density (Specific Gravity) of liquid by Bingham Pycnometer*
D1480, *Test Method for Density and Relative Density (Specific Gravity) of Viscous Materials by Bingham Pycnometer*
D1481, *Test Method for Density and Relative Density (Specific Gravity) of Viscous Materials by Lipkin Bicapillary Pycnometer*
D2162, *Practice for Basic Calibration of Master Viscometers and Viscosity Oil Standards*
D2170, *Test Method for Kinematic Viscosity of Asphalts (Bitumens)*
D2171, *Test Method for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer*
D6071, *Test Method for Low Level Sodium in High Purity Water by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy*
D6074, *Guide for Characterizing Hydrocarbon Lubricant Base Oils*
D6299, *Practice for Applying Statistical Quality Assurance and Control Charting Techniques to Evaluate Analytical Measurement System Performance*
D6617, *Practice for Laboratory Bias Detection Using Single Test Result from Standard Material*
E1, *Specification for ASTM Thermometers*
E77, *Test Method for the Inspection and Verification of Thermometers*
E1137/E1137M, *Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers*

² Untuk acuan standar ASTM, kunjungi website ASTM, www.astm.org atau hubungi ASTM Customer Service di service@astm.org. Untuk informasi volume buku tahunan standar ASTM, acu ke rangkuman halaman dokumen standar di website ASTM.

2 Referenced documents

2.1 ASTM Standards:²

D446, *Specifications and Operating Instructions for Glass Capillary Kinematic Viscometers*
D1193, *Specification for Reagent Water*
D1217, *Test Method for Density and Relative Density (Specific Gravity) of liquid by Bingham Pycnometer*
D1480, *Test Method for Density and Relative Density (Specific Gravity) of Viscous Materials by Bingham Pycnometer*
D1481, *Test Method for Density and Relative Density (Specific Gravity) of Viscous Materials by Lipkin Bicapillary Pycnometer*
D2162, *Practice for Basic Calibration of Master Viscometers and Viscosity Oil Standards*
D2170, *Test Method for Kinematic Viscosity of Asphalts (Bitumens)*
D2171, *Test Method for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer*
D6071, *Test Method for Low Level Sodium in High Purity Water by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy*
D6074, *Guide for Characterizing Hydrocarbon Lubricant Base Oils*
D6299, *Practice for Applying Statistical Quality Assurance and Control Charting Techniques to Evaluate Analytical Measurement System Performance*
D6617, *Practice for Laboratory Bias Detection Using Single Test Result from Standard Material*
E1, *Specification for ASTM Thermometers*
E77, *Test Method for the Inspection and Verification of Thermometers*
E1137/E1137M, *Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers*

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.



2.2 Standar ISO:³

ISO 3104, *Petroleum products-Transparent and opaque liquids-Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity*

ISO 3105, *Glass capillary kinematic viscometers-Specification and operating instructions*

ISO 3696, *Water for analytical laboratory use-Specification and test methods*

ISO 5725, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results*

ISO 9000, *Quality management and quality assurance standards-Guidelines for selection and use*

ISO 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

2.3 Standar NIST:⁴

NIST Technical Note 1297, *Guideline for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results*⁵

NIST GMP 11, *Good Measurement Practice for Assignment and Adjustment of Calibration Intervals for Laboratory Standards*⁶

NIST Special Publication 819, *Guide for the Use of the International System of Units (SI)*⁷

³Tersedia dari *American National Standards Institute*, (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th.Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

⁴ Tersedia dari *National Institute of Standards and Technology* (NIST), 100Bureau Dr., Stop 3460, Gaithersburg, MD20899-3460.

⁵<http://physics.nist.gov/cuu/Uncertainty/bibliography.html>

⁶http://ts.nist.gov/WeightsAndMeasures/upload/GMP_11_Mar_2003.pdf

⁷ <http://www.nist.gov/pml/pubs/sp811/index.cfm>.

2.2 ISO Standards:³

ISO 3104, *Petroleum products-Transparent and opaque liquids-Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity*

ISO 3105, *Glass capillary kinematic viscometers-Specification and operating instructions*

ISO 3696, *Water for analytical laboratory use-Specification and test methods*

ISO 5725, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results*

ISO 9000, *Quality management and quality assurance standards-Guidelines for selection and use*

ISO 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

2.3 NIST Standards:⁴

NIST Technical Note 1297, *Guideline for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results*⁵

NIST GMP 11, *Good Measurement Practice for Assignment and Adjustment of Calibration Intervals for Laboratory Standards*⁶

NIST Special Publication 819, *Guide for the Use of the International System of Units (SI)*⁷

³ Available from *American National Standards Institute* (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

⁴ Available from *National Institute of Standards and Technology* (NIST), 100Bureau Dr., Stop 3460, Gaithersburg, MD20899-3460.

⁵<http://physics.nist.gov/cuu/Uncertainty/bibliography.html>

⁶http://ts.nist.gov/WeightsAndMeasures/upload/GMP_11_Mar_2003.pdf

⁷ <http://www.nist.gov/pml/pubs/sp811/index.cfm>.

3 Istilah dan definisi

3.1 Lihat juga kosa kata internasional terkait metrologi.⁸

3.2 Definisi :

3.2.1

termometer kontak digital

alat elektronik yang terdiri dari tampilan digital dan dihubungkan dengan *probe* pembaca temperatur.

3.3. Definisi istilah spesifik untuk standar ini:

3.3.1

viskometer otomatis

peralatan yang, sebagian atau seluruhnya, mempunyai satu atau lebih tahapan prosedur mekanik dijelaskan dalam Pasal 11 atau 12 tanpa mengubah prinsip atau teknik peralatan manual dasar. Unsur penting dari peralatan dalam hal dimensi, desain dan karakteristik penggunaan adalah sama dengan metode manual.

3.3.1.1 Diskusi – Viskometer otomatis mempunyai kemampuan serupa dengan beberapa operasi pada metoda uji, namun mengurangi atau menghilangkan kebutuhan intervensi atau interpretasi manual. Peralatan yang menentukan viskositas kinematik melalui teknik fisika yang berbeda dengan yang digunakan dalam metoda uji ini, tidak dianggap sebagai viskometer otomatis.

3.3.2

densitas

massa per satuan volume suatu zat pada temperatur tertentu.

3.3.3

viskositas dinamik, η

perbandingan antara tegangan geser yang diberikan dengan kecepatan geser suatu material.

⁸ *International Vocabulary of Metrology — Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)*, 3rd ed., 2008, <http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html>.

3 Terminology

3.1 See also International Vocabulary of Metrology.⁸

3.2 Definitions:

3.2.1

digital contact thermometer (DCT)

an electronic device consisting of a digital display and associated temperature sensing probe.

3.3 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.3.1

automated viscometer

apparatus which, in part or in whole, has mechanized one or more of the procedural steps indicated in Section 11 or 12 without changing the principle or technique of the basic manual apparatus. The essential elements of the apparatus in respect to dimensions, design, and operational characteristics are the same as those of the manual method.

3.3.1.1 Discussion – Automated viscometers have the capability to mimic some operations of the test method while reducing or removing the need for manual intervention or interpretation. Apparatus which determine kinematic viscosity by physical techniques that are different than those used in this test method are not considered to be Automated Viscometers.

3.3.2

density

the mass per unit volume of a substance at given temperature.

3.3.3

dynamic viscosity, η

the ratio between the applied shear stress and rate of shear of a material.

⁸ *International Vocabulary of Metrology — Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)*, 3rd ed., 2008, <http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html>.

3.3.3.1 Diskusi: – Viskositas dinamik kadang-kadang disebut koefisien viskositas dinamik atau viskositas absolut. Viskositas dinamik adalah ukuran tahanan suatu cairan untuk mengalir atau berubah bentuk yang juga merupakan kemampuan material untuk mentransfer momentum untuk menjadi diam atau tergantung waktu gaya geser eksternal. Viskositas dinamik memiliki dimensi dari massa dibagi panjang dan waktu, satuannya dalam SI adalah pascal dikali detik (Pa.s). Di antara sifat transportasi untuk panas, massa, dan transfer momentum, viskositas dinamis adalah konduktivitas momentum.

3.3.4

viskositas kinematik, ν

rasio dari viskositas dinamik(h) dengan densitas material pada temperatur dan tekanan yang sama.

3.3.4.1 Diskusi—Viskositas kinematik—adalah rasio antara transportasi momentum dan penyimpanan momentum. Rasio semacam ini disebut diffusivities dengan dimensi panjang kuadrat dibagi dengan waktu dan satuan SI adalah meter persegi dibagi dengan kedua (m^2/detik). Di antara sifat transportasi untuk panas, massa, dan transfer momentum, viskositas kinematik adalah difusivitas momentum.

3.3.4.2 Diskusi—Sebelumnya, viskositas kinematik didefinisikan khusus untuk alat ukur kekentalan dicakup oleh metode pengujian sebagai resistensi terhadap aliran bawah gravitasi. Lebih umum, itu adalah rasio antara transportasi momentum dan penyimpanan momentum.

3.3.4.3 Diskusi— Untuk aliran gravitasi pada suatu ketinggian hidrostatik tertentu, ketinggian tekanan suatu cairan sebanding dengan densitasnya (ρ). Untuk beberapa viskometer, waktu alir dari volume tetap suatu cairan berbanding langsung dengan viskositas kinematiknya (ν), dimana $\nu = \eta/\rho$, dan η adalah koefisien viskositas dinamik.

3.3.3.1 Discussion—It is sometimes called the coefficient of dynamic viscosity or absolute viscosity. Dynamic viscosity is a measure of resistance to flow or deformation which constitutes a material's ability to transfer momentum in response to steady or time-dependent external shear forces. Dynamic viscosity has the dimension of mass divided by length and time and its SI unit is pascal times second (Pa.s). Among the transport properties for heat, mass, and momentum transfer, dynamic viscosity is the momentum conductivity.

3.3.4

kinematic viscosity, ν

the ratio of the dynamic viscosity (h) to the density (r) of a material at the same temperature and pressure.

3.3.4.1 Discussion—Kinematic viscosity is the ratio between momentum transport and momentum storage. Such ratios are called diffusivities with dimensions of length squared divided by time and the SI unit is metre squared divided by second (m^2/s). Among the transport properties for heat, mass, and momentum transfer, kinematic viscosity is the momentum diffusivity.

3.3.4.2 Discussion—Formerly, kinematic viscosity was defined specifically for viscometers covered by this test method as the resistance to flow under gravity. More generally, it is the ratio between momentum transport and momentum storage.

3.3.4.3 Discussion—For gravity-driven flow under a given hydrostatic head, the pressure head of a liquid is proportional to its density, ρ , if the density of air is negligible compared to that of the liquid. For any particular viscometer covered by this test method, the time of flow of a fixed volume of liquid is directly proportional to its kinematic viscosity, ν , where $\nu = \eta/\rho$, and η is the dynamic viscosity.

4 Ringkasan metode uji

4.1. Waktu alir diukur dari sejumlah volume cairan yang mengalir di bawah pengaruh gravitasi melewati kapiler viskometer yang terkalibrasi pada suatu *“driving head”* yang *reproducible*, pada temperatur yang diketahui dan terkontrol dengan baik. Viskositas kinematik adalah hasil dari waktu alir terukur dan konstanta kalibrasi viskometer. Diperlukan dua kali penentuan untuk menghitung hasil viskositas kinematik, yaitu rata-rata dari dua nilai penentuan yang diterima.

5 Arti dan kegunaan

5.1 Beberapa produk petroleum dan material non-petroleum digunakan sebagai bahan pelumas, dan operasi peralatan yang benar tergantung pada kesesuaian viskositas cairan yang digunakan. Sebagai tambahan, viskositas penting untuk memperkirakan kondisi optimal penyimpanan, penanganan dan operasional dari beberapa bahan bakar petroleum. Dengan demikian, penentuan viskositas yang tepat penting untuk beberapa spesifikasi produk.

6 Peralatan

6.1 Viskometer-Gunakan hanya viskometer terkalibrasi jenis gelas kapiler, yang mampu digunakan untuk menentukan *viskositas* kinematik dalam batas presisi yang diuraikan dalam bagian presisi.

6.1.1 Daftar viskometer dalam Tabel A.1.1, yaitu viskometer yang memenuhi *persyaratan* Spesifikasi D446 dan ISO 3105. Tetapi tidak dimaksudkan membatasi metode uji ini untuk hanya menggunakan viskometer yang terdaftar dalam Tabel A.1.1. Lampiran A.1 menyajikan panduan lebih lanjut.

6.1.2 Viskometer otomatis – Peralatan otomatis dapat digunakan selama kondisi fisik, operasi atau prosesnya menyerupai peralatan manual yang digantikan. Setiap viskometer, alat ukur temperatur, pengontrol temperatur, penangas

4 Summary of test method

4.1 The time is measured for a fixed volume of liquid to flow under gravity through the capillary of a calibrated viscometer under a reproducible driving head and at a closely controlled and known temperature. The kinematic viscosity is the product of the measured flow time and the calibration constant of the viscometer. Two such determination are needed from which to calculate a kinematic viscosity result that is the average of two acceptable determined values.

5 Significance and use

5.1 Many petroleum products, and some non-petroleum materials, are used as lubricants, and the correct operation of the equipment depends upon the appropriate viscosity of the liquid being used. In addition, the viscosity of many petroleum fuels is important for the estimation of optimum storage, handling, and operational condition. Thus, the accurate determination of viscosity is essential to many products specifications.

6 Apparatus

6.1 Viscometers-Use only calibrated viscometers of the glass capillary type, capable of being used to determine kinematic viscosity within the limits of the precision given in the precision section

6.1.1 Viscometers listed in Table A1.1, whose specifications meet those given in *Specifications* D446 and in ISO 3105 meet these requirements. It is not intended to restrict this test method to the use of only those viscometers listed in Table A1.1. Annex A1 gives further guidance.

6.1.2 Automated viscometers - Automated apparatus may be used as long as they mimic the physical conditions, operations or processes of the manual apparatus. Any viscometer, temperature measuring device, temperature control, temperature controlled

temperatur terkontrol atau alat pengukur waktu yang terhubung dalam peralatan otomatis, harus sesuai spesifikasi komponennya sebagaimana dinyatakan dalam Pasal 6 metode uji ini. Waktu alir kurang dari 200 detik diperbolehkan, tetapi koreksi energi kinetik harus di aplikasikan berdasarkan Pasal 7 pada Perhitungan Viskositas Kinematik pada Spesifikasi D446. Koreksi energi kinetik harus tidak lebih dari 3,0 % dari viskositas terukur. Peralatan otomatis harus dapat menentukan viskositas kinematik dari standar acuan viskositas bersertifikat dalam batasan yang dinyatakan pada 9.2.1 dan Pasal 17. Ketepatan seharusnya ekuivalen secara statistik, atau lebih baik (memiliki variasi lebih sedikit) daripada peralatan manual.

CATATAN 3 Presisi dan bias pengukuran viskositas kinematik dari waktu alir kurang dari 200 detik belum ditentukan. Ketepatan yang dinyatakan di Pasal 17 tidak diketahui valid untuk pengukuran viskositas kinematik dengan waktu alir kurang dari 200 detik.

6.2 Penyangga viskometer - Gunakan penyangga viskometer untuk memungkinkan semua viskometer yang mempunyai meniscus atas tepat di atas meniscus bawahnya untuk digantungkan secara vertikal 1° pada semua arah. Viskometer yang meniscus atasnya tidak tepat di atas meniscus bawahnya, harus digantung secara vertikal $0,3^\circ$ pada semua arah (lihat Spesifikasi D446 dan ISO 3105).

6.2.1 Viskometer harus dipasang dalam penangas bertemperatur konstan dengan cara yang sama seperti ketika dikalibrasi dan dinyatakan pada sertifikat kalibrasi. Lihat Spesifikasi D446, lihat Petunjuk Operasi dalam Lampiran A.1, Lampiran A.2 dan Lampiran A.3. Untuk viskometer yang mempunyai Tabung L (lihat Spesifikasi D446) dipasang vertikal. Posisi vertikal harus dipastikan dengan menggunakan (1) penyangga untuk memegang Tabung L vertikal, atau (2) *bubble level* terpasang pada batang yang dirancang sesuai dengan Tabung L, atau (3) *plumb line* yang digantung pada bagian tengah Tabung L, atau (4) peralatan penyangga lainnya dari yang tersedia dalam penangas

bath or timing device incorporated in the automated apparatus shall conform to the specification for these components as stated in Section 6 of this test method. Flow times of less than 200 s are permitted, however, a kinetic energy correction shall be applied in accordance with Section 7 on Kinematic Viscosity Calculation of Specifications D446. The kinetic energy correction shall not exceed 3,0 % of the measured viscosity. The automated apparatus shall be capable of determining kinematic viscosity of a certified viscosity reference standard within the limits stated in 9.2.1 and Section 17. The precision shall be of statistical equivalence to, or better (has less variability) than the manual apparatus.

NOTE 3 Precision and bias of kinematic viscosity measurements for flow times of less than 200 s has not been determined. The precision stated in Section 17 is not known to be valid for kinematic viscosity measurements with flow times less than 200 s.

6.2 Viscometer holders - Use viscometer holders to enable all viscometers which have the upper meniscus directly above the lower meniscus to be suspended vertically within 1° in all directions. Those viscometers whose upper meniscus is offset from directly above the lower meniscus shall be suspended vertically within $0,3^\circ$ in all directions (see Specifications D446 and ISO 3105).

6.2.1 Viscometers shall be mounted in the constant temperature bath in the same manner as when calibrated and stated on the certificate of calibration. See Specifications D446, see Operating Instructions in Annex A1, Annex A2, and Annex A3. For those viscometers which have Tube L (see Specifications D446) held vertical, vertical alignment shall be confirmed by using (1) a holder ensured to hold Tube L vertical, or (2) a bubble level mounted on a rod designed to fit into Tube L, or (3) a plumb line suspended from the center of Tube L, or (4) other internal means of support provided in the constant temperature bath.

bertemperatur konstan.

6.3 Penangas dengan temperatur terkontrol- Gunakan cairan transparan untuk penangas dengan kedalaman yang cukup, sehingga selama pengukuran waktu alir, seluruh bagian sampel dalam viskometer berada tidak kurang dari 20 mm di bawah permukaan cairan penangas atau tidak kurang dari 20 mm di atas dasar penangas.

6.3.1 Pengontrol temperatur- Untuk setiap seri pengukuran waktu alir, pengontrol temperatur cairan penangas harus berada dalam rentang 15 sampai 100 °C, variasi temperatur cairan penangas tidak lebih dari $\pm 0,02^\circ\text{C}$ terhadap temperatur yang dipilih sepanjang viskometer, atau antara posisi setiap viskometer, atau pada lokasi termometer. Untuk temperatur diluar rentang ini, deviasi dari temperatur yang diinginkan tidak boleh lebih dari $\pm 0,05^\circ\text{C}$.

6.4 Alat pengukur suhu dalam kisaran 0 °C sampai 100 °C - Gunakan salah satu termometer gelas yang berisi cairan dan telah dikalibrasi (Lampiran A2) dengan akurasi setelah koreksi sebesar $\pm 0,02^\circ\text{C}$ atau lebih kecil, atau termometer kontak digital seperti dijelaskan pada 6.4.2 dengan akurasi yang sebanding atau lebih baik.

6.4.1 Apabila digunakan termometer gelas terkalibrasi, direkomendasikan menggunakan dua termometer. Perbedaan temperatur dari dua termometer harus tidak lebih dari $0,04^\circ\text{C}$.

6.4.2 Bila menggunakan digital contact thermometer (DCT) harus memenuhi hal-hal sebagai berikut:

- (1) sensor yang dapat diterima hanya resistance temperature device (RTD), seperti platinum resistance thermometer (PRT), atau termistor.
- (2) Resolusi display minimum adalah $0,01^\circ\text{C}$.
- (3) Akurasi minimum kombinasi (display dan probe) adalah $\pm 0,02^\circ\text{C}$.
- (4) Waktu respon kurang dari 6 detik seperti didefinisikan pada spesifikasi E1137/E1137M.
- (5) Pergeseran kurang dari 10 mK ($0,01^\circ\text{C}$) per

6.3 Temperature-controlled bath-Use a transparent liquid bath of sufficient depth such, that at no time during the measurement of flow time, any portion of the sample in the viscometer is less than 20 mm below the surface of the bath liquid or less than 20 mm above the bottom of the bath.

6.3.1 Temperature control-For each series of flow time measurements, the temperature control of the bath liquid shall be such that within the range from 15 to 100°C , the temperature of the bath medium does not vary by more than $\pm 0,02^\circ\text{C}$ of the selected temperature over the length of the viscometer, or between the position of each viscometer, or at the location of the thermometer. For temperatures outside this range, the deviation from the desired temperature must not exceed $\pm 0,05^\circ\text{C}$.

6.4 Temperature measuring device in the range from 0 to 100°C - Use either calibrated liquid-in-glass thermometers (Annex A2) of an accuracy after correction of $\pm 0,02^\circ\text{C}$ or better, or a digital contact thermometer as described in 6.4.2 with equal or better accuracy.

6.4.1 If calibrated liquid-in-glass thermometers are used, the use of two thermometers is recommended. The two thermometers shall agree within $0,04^\circ\text{C}$.

6.4.2 When using a digital contact thermometer (DCT) the following shall apply:

- (1) The only acceptable sensors are a resistance temperature device (RTD), such as a platinum resistance thermometer (PRT), or a thermistor.
- (2) A minimum display resolution of $0,01^\circ\text{C}$.
- (3) A combined (display and probe) minimum accuracy of $\pm 0,02^\circ\text{C}$.
- (4) A response time of less than 6 s as defined in Specification E1137/E1137M.
- (5) A drift of less than 10 mK ($0,01^\circ\text{C}$) per

- °C).
- (6) Linearitas 10 mK pada keseluruhan kisaran yang digunakan.
 - (7) Laporan kalibrasi suhu DCT harus dikeluarkan oleh laboratorium kalibrasi suhu yang kompeten dan tertelusur ke lembaga kalibrasi atau badan metrologi nasional.
 - (8) Laporan kalibrasi harus meliputi beberapa titik-titik pengukuran yang disesuaikan dengan penggunaannya.
- year.
 - (6) Linearity of 10 mK over the range of intended use.
 - (7) The DCT shall have a report of temperature calibration traceable to a national calibration or metrology standards body issued by a competent calibration laboratory with demonstrated competency in temperature calibration.
 - (8) The calibration report shall include data for the series of test points which are appropriate for its intended use.

6.4.2.1 Untuk penangas dengan suhu konstan pada pengukuran viskositas manual, probe harus tercelup minimal 100 mm di bawah ketinggian cairan pada penangas tetapi tidak boleh kurang dari 3 kali panjang elemen sensor. Lihat Gambar 1. Ujung selubung probe harus tidak melampaui dasar viskometer. Bagian tengah dari sensor ditempatkan pada ketinggian yang sama dengan setengah bagian bawah daerah pengukuran pipa kapiler selama persyaratan ketercelupan minimum terpenuhi.

6.4.2.2 Pada kasus penangas suhu konstan yang digunakan untuk penentuan viskositas secara otomatis, pengguna harus menghubungi pabrik pembuat alat untuk mendapat DCT yang paling tepat.

6.4.3 Di luar kisaran 0 °C sampai 100 °C, harus digunakan termometer gelas terkalibrasi dengan akurasi setelah koreksi sebesar $\pm 0,05$ °C atau lebih kecil atau alat pengukur temperatur lainnya dengan ketepatan yang sebanding atau lebih baik. Bila kedua pengukur temperatur digunakan dalam penangas yang sama, perbedaan temperatur dari keduanya harus $\pm 0,1$ °C.

6.4.4 Apabila menggunakan termometer gelas, seperti dalam Tabel A2.1, gunakan alat pembesar untuk membaca termometer dengan pembacaan terdekat $\frac{1}{5}$ bagian (sebagai contoh: 0,01 °C atau 0,02 °F) untuk memastikan temperatur uji yang diinginkan dan kemampuan pengontrol temperatur sudah sesuai (lihat subpasal 10.1). Dianjurkan pada pembacaan termometer (dan faktor koreksi yang

6.4.2.1 For a constant temperature bath employed in manual viscosity measurements, the probe shall be immersed at least 100 mm below the liquid level of the bath but no less than 3 times the sensor element length. See Fig. 1. The end of the probe sheath shall not extend past the bottom of the viscometer. It is preferable for the center of the sensing element to be located at the same level as the lower half of the working capillary as long as the minimum immersion requirements are met.

6.4.2.2 In the case of constant temperature baths used in instruments for automatic viscosity determinations, the user is to contact the instrument manufacturer for the correct DCT that has performance equivalence to that described here.

6.4.3 Outside the range from 0 °C to 100°C, use either calibrated liquid-in-glass thermometers of an accuracy after correction of $\pm 0,05$ °C or better, or any other thermometric device of equal or better accuracy. When two temperature measuring devices are used in the same bath, they shall agree within $\pm 0,1$ °C.

6.4.4 When using liquid-in-glass thermometers, such as those in Table A2.1, use a magnifying device to read the thermometer to the nearest $\frac{1}{5}$ division (for example, 0,01°C or 0,02°F) to ensure that the required test temperature and temperature control capabilities are met (see 10.1). It is recommended that thermometer readings (and any corrections supplied on the certificates of calibrations

terdapat pada sertifikat kalibrasi) dicatat secara berkala, agar sesuai dengan keperluan metode uji. Informasi ini sangat berguna, terutama ketika investigasi masalah atau penyebab yang terkait dengan akurasi dan presisi pengujian.

for the thermometers) be recorded on a periodic basis to demonstrate compliance with the test method requirements. This information can be quite useful, especially when investigating issues or causes relating to testing accuracy and precision.

6.5. Alat pengukur waktu - Gunakan alat pengukur waktu yang mampu menunjukkan pembacaan dengan perbedaan 0,1 detik atau lebih kecil dan mempunyai akurasi pembacaan $\pm 0,07\%$ (lihat Lampiran A3), bila diuji pada interval minimum dan maksimum dari waktu alir yang diinginkan.

6.5 Timing device - Use any timing device that is capable of taking readings with a discrimination of 0,1 s or better, and has an accuracy within $\pm 0,07\%$ (see Annex A3) of the reading when tested over the minimum and maximum intervals of expected flow times.

6.5.1 Alat pengukur waktu elektrik dapat digunakan bila frekuensi arus dikontrol sampai dengan akurasi 0,05 % atau lebih kecil. Arus bolak-balik, seperti yang dihasilkan oleh beberapa sumber daya listrik umum, dikontrol secara terputus-putus dan tidak secara kontinyu. Bila digunakan untuk menggerakkan alat pengukur waktu elektrik, kontrol demikian dapat menyebabkan kesalahan yang besar dalam pengukuran waktu alir viskositas kinematik.

6.5.1 Electrical timing devices may be used if the current frequency is controlled to an accuracy of 0,05 % or better. Alternating currents, as provided by some public power systems, are intermittently rather than continuously controlled. When used to actuate electrical timing devices, such control can cause large errors in kinematic viscosity flow time measurements.

7 Pereaksi dan bahan

7 Reagents and materials

7.1. Larutan pencuci asam kromat, atau yang tidak mengandung kromium, adalah larutan pencuci asam pengoksidasi kuat. (**Peringatan** – Asam kromat berbahaya terhadap kesehatan, bersifat racun, dikenal sebagai karsinogen, sangat korosif, dan berpotensi bahaya bila kontak dengan bahan organik. Bila menggunakan, pakailah pelindung muka lengkap dan pakaian pelindung yang panjang, termasuk sarung tangan yang sesuai. Hindari menghirup uapnya. Buang asam kromat bekas pakai dengan hati-hati karena masih berbahaya. Larutan pencuci asam pengoksidasi kuat yang tidak mengandung kromium, juga sangat korosif dan berpotensi bahaya bila kontak dengan bahan organik, tetapi yang tidak mengandung kromium tidak mempunyai masalah khusus dalam pembuangan.)

7.1 Chromic acid cleaning solution, or non chromium - containing, strongly oxidizing acid cleaning solution. (**Warning-** Chromic acid is a health hazard. It is toxic, a recognized carcinogen, highly corrosive, and potentially hazardous in contact with organic materials. If used, wear a full face-shield and full-length protective clothing including suitable gloves. Avoid breathing vapor. Dispose of used chromic acid carefully as it remains hazardous. Nonchromium-containing, strongly oxidizing acid cleaning solutions are also highly corrosive and potentially hazardous in contact with organic materials, but do not contain chromium which has special disposal problems.)

7.2 Pelarut sampel, bercampur sempurna dengan sampel. Saring sebelum digunakan.

7.2 Sample solvent, completely miscible with the sample. Filter before use.

7.2.1 Suatu petroleum yang mudah menguap atau napta cocok digunakan untuk hampir semua sampel. Untuk bahan bakar residu, mungkin perlu pencucian pendahuluan dengan pelarut aromatik seperti toluena atau silena untuk memisahkan bahan asphalten.

7.3 Pelarut pengering, pelarut yang mudah menguap yang dapat bercampur dengan pelarut sampel (lihat Subpasal 7.2) dan air (lihat Subpasal 7.4). Saring sebelum digunakan.

7.3.1 Aseton cocok digunakan. (**Peringatan** – sangat mudah menyala.)

7.4 Air, yang dihilangkan ionnya atau yang didistilasi dan sesuai dengan Spesifikasi D1193 Kelas 3 ISO 3696. Saring sebelum digunakan.

7.2.1 For most samples a volatile petroleum spirit or naphtha is suitable. For residual fuels, a prewash with an aromatic solvent such as toluene or xylene may be necessary to remove asphaltenic material.

7.3 Drying solvent, a volatile solvent miscible with the sample solvent (see 7.2) and water (see 7.4). Filter before use.

7.3.1 Acetone is suitable. (**Warning** – extremely flammable.)

7.4 Water, deionized or distilled and conforming to Specification D1193 or Grade 3 of ISO 3696. Filter before use.

8 Standar referensi viskositas bersertifikat

8.1 Standar referensi viskositas bersertifikat harus disertifikasi oleh suatu laboratorium yang telah memenuhi persyaratan ISO 17025 melalui asesmen independen. Standar viskositas harus tertelusur ke prosedur induk viskometer sebagaimana dijelaskan pada Metode Uji D2162.

8.2 Ketidakpastian dari standar referensi viskositas bersertifikat harus dinyatakan pada setiap nilai yang disertifikasi (tingkat kepercayaan, $k = 2,95\%$). Lihat ISO 5725 atau NIST 1297.

9 Kalibrasi dan verifikasi

9.1 Viskometer- Gunakan viskometer, termometer dan pencatat waktu yang dikalibrasi seperti yang dijelaskan pada Pasal 6.

9.2 Standar referensi viskositas bersertifikat⁸ (Tabel A1.2) – Ini digunakan sebagai acuan penegasan terhadap prosedur di laboratorium.

9.2.1 Jika viskositas kinematik yang

8 Certified viscosity reference standards

8.1 Certified viscosity reference standards shall be certified by a laboratory that has been shown to meet the requirements of ISO 17025 by independent assessment. Viscosity standards shall be traceable to master viscometer procedures described in Test Method D2162.

8.2 The uncertainty of the certified viscosity reference standard shall be stated for each certified value ($k = 2,95\%$ confidence). See ISO 5725 or NIST 1297.

9 Calibration and verification

9.1 Viscometers - Use only calibrated visco-meters, thermometers, and timers as described in Section 6.

9.2 Certified viscosity reference standard⁸(Table A1.2) - These are for use as confirmatory checks on the procedure in the laboratory.

9.2.1 If the determined kinematic viscosity

didapatkan tidak dalam batas $\pm 0,35\%$ dari nilai yang tersertifikasi, periksa kembali setiap tahap dalam prosedur, meliputi kalibrasi termometer dan kalibrasi viskometer, untuk menemukan sumber kesalahan. Lampiran A1 menjelaskan standar yang dapat digunakan.

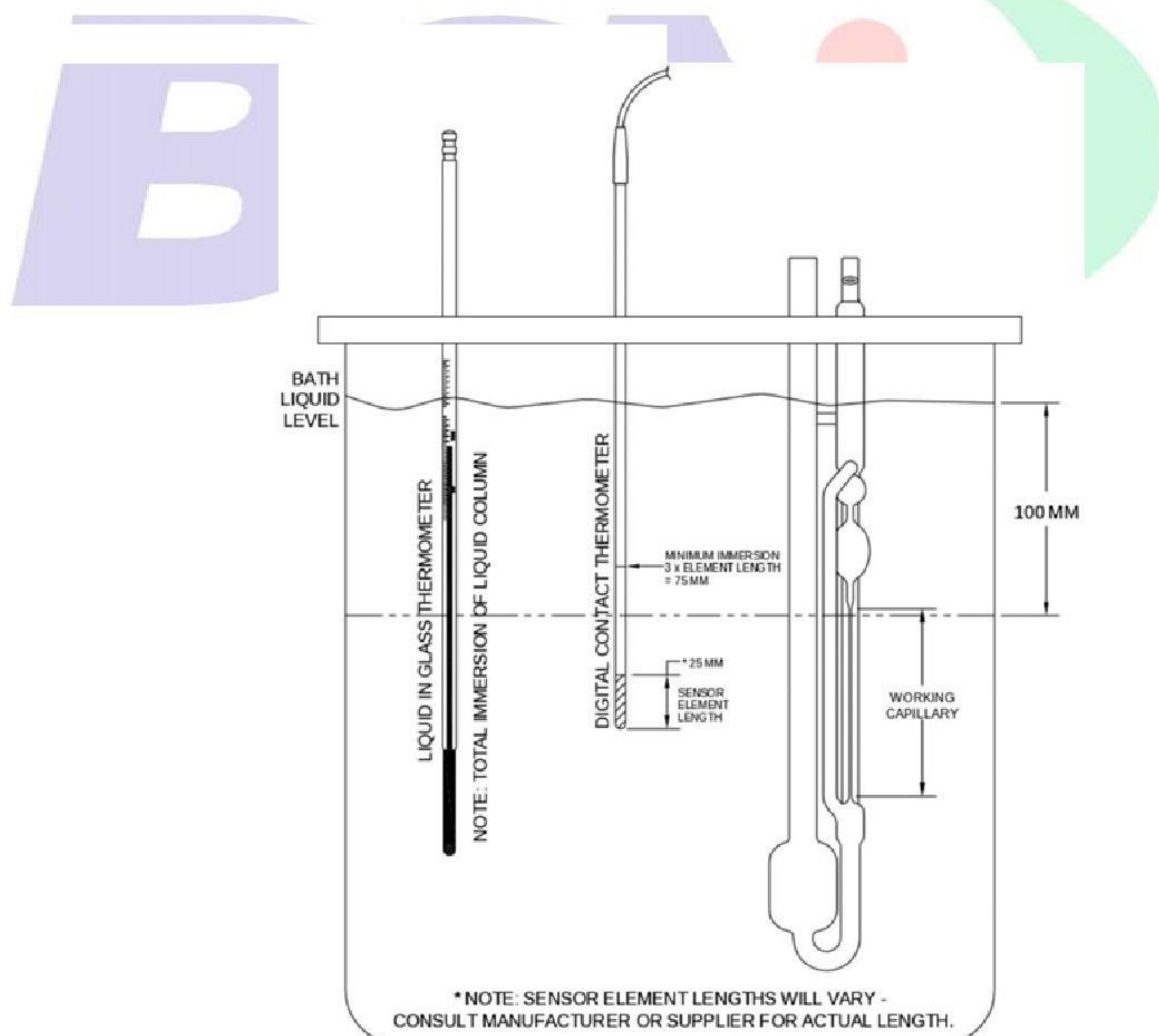
does not agree within $\pm 0.35\%$ of the certified value, recheck each step in the procedure, including thermometer and viscometer calibration, to locate the source of error. Annex A1 gives details of standards available.

CATATAN 4 Dalam terbitan sebelumnya dari Metode Uji D445 batas $\pm 0,35\%$ dari nilai tersertifikasi telah digunakan. Data yang mendukung batasan $\pm 0,35\%$ tidak dapat diverifikasi. Lampiran A4 memberikan petunjuk bagaimana untuk menentukan rentang toleransi. Rentang toleransi mencakup ketidakpastian dari standar referensi viskositas bersertifikat dan ketidakpastian dari laboratorium pengguna standar referensi viskositas bersertifikat.

NOTE 4 In previous issues of Test Method D445, limits of $\pm 0,35\%$ of the certified value have been used. The data to support the limit of $\pm 0,35\%$ cannot be verified. Annex A4 provides instructions on how to determine the tolerance band. The tolerance band combines both the uncertainty of the certified viscosity reference standard as well as the uncertainty of the laboratory using the certified viscosity reference standard.

9.2.1.1 Sebagai alternatif untuk perhitungan pada Lampiran A4, dapat digunakan rentang toleransi perkiraan pada Tabel 1.

9.2.1.1 As an alternative to the calculation in Annex A4, the approximate tolerance bands in Table 1 may be used.



Gambar. 1 - Temperature probe immersion in constant temperature bath

FIG. 1 - Temperature probe immersion in constant temperature bath



Tabel 1 - Perkiraan rentang toleransi
Table 1 - Approximate tolerance bands

CATATAN Rentang toleransi ditentukan menggunakan Praktek D6617. Perhitungan didokumentasikan dalam *Research Report D02-1498*.^A

NOTE The tolerance bands were determined using Practice D6617. The calculation is documented in Research Report D02-1498.^A

Viskositas dari Material Acuan, mm ² /detik <i>Viscosity of Reference Material, mm²/detik</i>	Rentang toleransi <i>Tolerance band</i>
< 10	±0,30%
10 to 100	±0,32%
100 to 1000	±0,36%
1000 to 10 000	±0,42%
10 000 to 100 000	±0,54%
> 100 000	±0,73%

^AData pendukung telah diisi di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan memohon Laporan Penelitian RR: D02-1498.

^ASupporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:D02-1498.

9.2.2 Sumber kesalahan utama biasanya disebabkan oleh partikel debu yang ada di dalam saluran kapiler dan kesalahan pengukuran temperatur. Harus diperhatikan bahwa suatu hasil yang benar yang diperoleh pada suatu minyak standar tidak menutup kemungkinan adanya kombinasi saling meniadakan sumber kesalahan yang mungkin.

9.2.2 The most common sources of error are caused by particles of dust lodged in the capillary bore and temperature measurement errors. It must be appreciated that a correct result obtained on a standard oil does not preclude the possibility of a counter balancing combination of the possible sources of error.

9.3 Konstanta kalibrasi, C, tergantung pada percepatan gravitasi di tempat kalibrasi, oleh karena itu, percepatan gravitasi harus disampaikan oleh laboratorium standardisasi bersamaan dengan konstanta peralatan. Bila percepatan gravitasi, g, berbeda lebih dari 0,1 %, koreksi konstanta kalibrasi sebagai berikut:

9.3 The calibration constant, C, is dependent upon the gravitational acceleration at the place of calibration and this must, therefore, be supplied by the standardization laboratory together with the instrument constant. Where the acceleration of gravity, g, differs by more than 0,1%, correct the calibration constant as follows:

$$C_2 = (g_2/g_1) \times C_1 \quad (1)$$

$$C_2 = (g_2/g_1) \times C_1 \quad (1)$$

subskrip 1 dan 2, masing-masing menunjukkan laboratorium standardisasi dan laboratorium penguji.

where the subscripts 1 and 2 indicate, respectively, the standardization laboratory and the testing laboratory.

10 Prosedur umum untuk viskositas kinematik

10.1 Atur dan pertahankan temperatur uji penangas viskometer yang ditentukan dalam batas yang diberikan pada 6.3.1 sesuai kondisi dalam Lampiran A2 dan koreksi dari sertifikat kalibrasi termometer.

10.1.1 Termometer harus tegak sesuai kondisi pencelupan seperti ketika dikalibrasi.

10.1.2 Untuk mendapatkan pengukuran temperatur yang dapat dipercaya, dianjurkan untuk menggunakan dua termometer bersertifikat kalibrasi yang sah (lihat Subpasal 6.4).

10.1.3 Termometer harus dilihat dengan suatu perangkat lensa yang menghasilkan sekitar lima kali pembesaran dan diatur untuk menghindari terjadinya kesalahan paralaks.

10.2 Pilih sebuah viskometer bersih dan kering yang telah dikalibrasi yang mencakup rentang viskositas kinematik yang diperkirakan (yaitu, suatu kapiler lebar untuk cairan yang sangat kental dan suatu kapiler yang lebih sempit untuk cairan yang lebih encer). Waktu alir harus tidak kurang dari 200 detik atau lebih lama, seperti yang diberikan dalam Spesifikasi D446. Waktu alir kurang dari 200 detik diperbolehkan untuk viskometer otomatis, asalkan memenuhi persyaratan 6.1.2.

10.2.1 Rincian spesifik penggunaan bervariasi untuk berbagai tipe viskometer yang tercantum dalam Tabel A1.1. Petunjuk penggunaan untuk berbagai tipe viskometer diberikan dalam Spesifikasi D446.

10.2.2 Jika temperatur uji di bawah titik embun sampel, isi viskometer dengan cara seperti pada Subpasal 11.1. Untuk memastikan tidak ada uap yang terkondensasi atau membeku di dinding kapiler, pindahkan sampel ke dalam pipa kapiler dan *timing bulb* viskometer, kemudian tutup dengan sumbat karet untuk menjaga sampel pada tempatnya, dan masukkan viskometer ke dalam penangas.

10 General procedure for kinematics viscosity

10.1 Adjust and maintain the viscometer bath at the required test temperature within the limits given in 6.3.1 taking account of the conditions given in Annex A2 and of the corrections supplied on the certificates of calibration for the thermometers.

10.1.1 Thermometers shall be held in an upright position under the same conditions of immersion as when calibrated.

10.1.2 In order to obtain the most reliable temperature measurement, it is recommended that two thermometers with valid calibration certificates be used (see 6.4).

10.1.3 They should be viewed with a lens assembly giving approximately five times magnification and be arranged to eliminate parallax errors.

10.2 Select a clean, dry, calibrated viscometer having a range covering the estimated kinematic viscosity (that is, a wide capillary for a very viscous liquid and a narrower capillary for a more fluid liquid). The flow time shall not be less than 200 s or the longer time noted in Specification D446. Flow times of less than 200 s are permitted for automated viscometers, provided they meet the requirements of 6.1.2.

10.2.1 The Specific details of operation vary for the different types of viscometers listed in Table A1.1. The operating instruction for the different types of viscometers are given in Specifications D446.

10.2.2 When the test temperature is below the dew point, fill the viscometer in the normal manner as required in 11.1. To ensure that moisture does not condense or freeze on the walls of the capillary, draw the test portion into the working capillary and timing bulb, place rubber stoppers into the tubes to hold the test portion in place, and insert the viscometer into the bath. After insertion, allow the viscometer to reach bath

Setelah itu, biarkan viskometer mencapai temperatur penangas, dan lepaskan sumbat karet. Ketika melakukan penentuan dengan cara manual, jangan gunakan viskometer yang tidak dapat dipindahkan dari penangas untuk pengisian sampel.

10.2.2.1 Penggunaan tabung pengering terpisah pada ujung viskometer diperbolehkan, tetapi tidak diperlukan. Jika digunakan, tabung pengering harus sesuai dengan desain viskometer dan tidak menghalangi aliran sampel, yang disebabkan oleh tekanan yang terjadi dalam viskometer.

10.2.3 Viskometer yang digunakan untuk cairan silikon, fluorokarbon, dan cairan lain yang sulit untuk dibersihkan menggunakan suatu bahan pencuci, harus digunakan khusus untuk cairan tersebut kecuali pada waktu kalibrasi. Kalibrasi viskometer demikian dengan interval lebih sering. Pelarut bekas pencucian dari viskometer ini tidak boleh digunakan untuk membersihkan viskometer lain.

11 Prosedur untuk cairan transparan

11.1 Isi viskometer dengan cara yang ditentukan oleh desain viskometer, Tindakan ini sesuai dengan ketika viskometer tersebut dikalibrasi. Jika sampel diperkirakan atau diketahui mengandung serat atau partikel padat, saring sebelum atau selama pengisian dengan saringan 75- μm (lihat Spesifikasi D446).

CATATAN 5 Untuk memperkecil kemungkinan penggumpalan partikel yang melewati saringan, disarankan mempersingkat waktu antara penyaringan dan pengisian.

11.1.1 Pada umumnya, viskometer yang digunakan untuk cairan transparan adalah tipe seperti pada Tabel A 1.1, A dan B.

11.1.2 Produk tertentu yang berperilaku seperti gel, perhatikan pengukuran waktu alir dilakukan pada temperatur yang cukup tinggi, supaya bahan tersebut dapat mengalir dengan bebas, sehingga diperoleh hasil viskositas kinematik yang sama dalam viskometer yang berbeda diameter

temperature, and the remove the stoppers. When performing manual viscosity determinations, do not use those viscometers which cannot be removed from the constant temperature bath for charging the sample portion.

10.2.2.1 The use of loosely packed drying tubes affixed to the open ends of the viscometer is permitted, but not required. If used, the drying tubes shall fit the design of the viscometer and not restrict the flow of the sample by pressure created in the instrument.

10.2.3 Viscometers used for silicone fluids, fluorocarbons, and other liquids which are difficult to remove by the use of a cleaning agent, shall be reserved for the exclusive use of those fluids except during their calibration. Subject such viscometers to calibration checks at frequent intervals. The solvent washings from these viscometers shall not be used for the cleaning of other viscometers.

11 Procedure for transparent liquids

11.1 Charge the viscometer in the manner dictated by the design of the instrument, this operation being in conformity with that employed when the instrument was calibrated. If the sample is thought or known to contain fibers or solid particles, filter through 75- μm screen, either prior to or during charging (see Specifications D446).

NOTE 5 To minimize the potential of particles passing through the filter from aggregating, it is recommended that the time lapse between filtering and charging be kept to a minimum.

11.1.1 In general, the viscometers used for transparent liquids are of the type listed in Table A1.1, A and B.

11.1.2 With certain products which exhibit *gel-like* behavior, exercise care that flow time measurements are made at sufficiently high temperatures for such materials to flow freely, so that similar kinematic viscosity result are obtained in viscometers of different capillary diameters.

kapilernya.

11.1.3 Biarkan viskometer yang berisi sampel berada di dalam penangas cukup lama untuk mencapai temperatur uji. Bila satu penangas digunakan untuk beberapa viskometer, jangan menambahkan atau mengambil sebuah viskometer sementara viskometer yang lainnya sedang digunakan untuk mengukur waktu alir.

11.1.4 Karena waktu ini bervariasi untuk berbagai viskometer, temperatur, dan viskositas kinematik, tentukan waktu kesetimbangan yang aman melalui percobaan.

11.1.4.1 Tiga puluh menit sudah mencukupi kecuali untuk viskositas kinematik yang tinggi.

11.1.5 Bilamana desain viskometer mensyaratkannya, atur volume sampel sampai tanda batas, setelah sampel mencapai temperatur kesetimbangan.

11.2 Gunakan penghisap (jika sampel tidak mengandung komponen yang mudah menguap) atau tekanan untuk mengatur batas atas sampel ke posisi pada tangkai kapiler viskometer sekitar 7 mm di atas tanda batas penetapan waktu pertama, kecuali bila dinyatakan suatu nilai lain dalam petunjuk penggunaan viskometer tersebut. Dengan pengaliran sampel yang bebas, ukur dalam detik sampai ketelitian 0,1 detik, waktu yang diperlukan oleh meniscus untuk bergerak dari tanda batas penetapan waktu pertama ke tanda batas kedua. Bila waktu alir ini kurang dari spesifikasi minimum (lihat Subpasal 10.2), pilih suatu viskometer dengan diameter kapiler yang lebih kecil dan ulangi pengujian.

11.2.1 Ulangi prosedur yang dijelaskan dalam Subpasal 11.2 untuk melakukan pengukuran waktu alir yang kedua. Catat kedua pengukuran.

11.2.2 Dari kedua pengukuran waktu alir, hitung dua nilai viskositas kinematik yang ditentukan.

11.2.3 Bila kedua nilai viskositas kinematik

11.1.3 Allow the charged viscometer to remain in the bath long enough to reach the test temperature. Where one bath is used to accommodate several viscometers, never add or with-draw a viscometer while any other viscometer is in use for measuring a flow time.

11.1.4 Because this time will vary for different instruments, for different temperatures, and for different kinematic viscosities, establish a safe equilibrium time by trial.

11.1.4.1 Thirty minutes should be sufficient except for the highest kinematic viscosities.

11.1.5 Where the design of the viscometer requires it, adjust the volume of the sample to the mark after the sample has reached temperature equilibrium.

11.2 Use suction (if the sample contains no volatile constituents) or pressure to adjust the head level of the test sample to a position in the capillary arm of the instrument about 7 mm above the first timing mark, unless any other value is stated in the operating instructions for the viscometer. With the sample flowing freely, measure, in seconds to within 0,1 s, the time required for the meniscus to pass from the first to the second timing mark. If this flow time is less than the specified minimum (see 10.2), select a viscometer with a capillary of smaller diameter and repeat the operation.

11.2.1 Repeat the procedure described in 11.2 to make a second measurement of flow time. Record both measurements.

11.2.2 From the two measurements of flow time, calculate two determined values of kinematic viscosity.

11.2.3 If the two determined values of

yang ditentukan, yang dihitung dari pengukuran waktu alir sesuai dengan angka sebagaimana dinyatakan untuk produk tersebut (lihat 17.1.1), gunakan rata-rata hasil penentuan ini untuk menghitung hasil viskositas kinematik yang akan dilaporkan. Catat hasilnya. Jika tidak sesuai, ulangi pengukuran waktu alir sesudah dilakukan pencucian dan pengeringan viskometer serta penyaringan sampel (bila diperlukan lihat Subpasal 11.1), sampai penentuan viskositas kinematik hasil perhitungan sesuai dengan yang dinyatakan untuk produk tersebut.

11.2.4 Jika bahan atau temperatur, atau keduanya, tidak terdaftar dalam 17.1.1, gunakan perkiraan penentuan sebesar 1,5%.

12 Prosedur untuk cairan tak tembus pandang

12.1 Untuk minyak silinder melalui pemurnian dengan uap dan minyak lumpur hitam, langsung ke Subpasal 12.3 untuk memastikan bahwa sampel yang digunakan sepenuhnya mewakili. Viskositas kinematik minyak bakar residu dan produk berlimin sejenis dapat dipengaruhi oleh perlakuan panas sebelumnya dan prosedur berikut yang dijelaskan dalam 12.1.1 sampai 12.2.2 harus diikuti untuk memperkecil pengaruh tersebut.

12.1.1 Pada umumnya, viskometer yang digunakan untuk cairan tak tembus pandang adalah tipe reverse-flow yang terdapat dalam Tabel A.1.1,C.

12.1.2 Panaskan dalam wadah awal, di dalam oven pada temperatur $(60 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ selama satu jam.

12.1.3 Aduk sampel hingga merata menggunakan batang pengaduk yang sesuai, dengan panjang yang cukup untuk mencapai dasar wadah. Lanjutkan pengadukan sampai tidak ada lumpur atau lilin menempel pada batang tersebut.

12.1.4 Tutup kembali wadah dengan rapat dan kocok dengan kuat selama 1 menit untuk menyempurnakan pencampuran.

kinematic viscosity, calculated from the flow time measurements, agree within the stated determinability figure (see 17.1.1) for the product, use the average of these determinations to calculate the kinematic viscosity result to be reported. Record the result. If not, repeat the measurements of flow times after a thorough cleaning and drying of the viscometers and filtering (where required, see 11.1) of the sample until the calculated kinematic viscosity determination agree with the stated determinability.

11.2.4 If the material or temperature, or both, is not listed in 17.1.1, use 1,5% as an estimate of the determinability.

12 Procedure for opaque liquids

12.1 For steam-refined cylinder oils and black lubricating oils, proceed to 12.3 ensuring a thoroughly representative sample is used. The kinematic viscosity of residual fuel oils and similar waxy products can be affected by the previous thermal history and the following procedure described in 12.1.1-12.2.2 shall be followed to minimize this.

12.1.1 In general, the viscometers used for opaque liquids are of the reverse-flow type listed in Table A1.1,C.

12.1.2 Heat in the original container, in an oven, at $(60 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ for 1 h.

12.1.3 Thoroughly stir the sample with a suitable rod of sufficient length to reach the bottom of the container. Continue stirring until there is no sludge or wax adhering to the rod.

12.1.4 Recap the container tightly and shake vigorously for 1 min to complete the mixing.

12.1.4.1 Pada sampel yang memiliki kandungan lilin tinggi atau minyak dengan viskositas kinematik tinggi, mungkin perlu menaikkan temperatur pemanasan di atas 60°C untuk mencapai pencampuran yang baik. Percontoh sebaiknya cukup encer untuk memudahkan pengadukan dan pengocokan.

12.2 Segera setelah menyelesaikan 12.1.4, tuangkan sampel secukupnya untuk mengisi dua viskometer, ke dalam suatu labu gelas berukuran 100 mL dan ditutup dengan longgar.

12.2.1 Celupkan labu tersebut dalam penangas berisi air mendidih selama 30 menit. (**Peringatan:** hati-hati karena pendidihan yang berlebihan dapat terjadi bila cairan tak tembus pandang dengan kandungan air tinggi dipanaskan sampai temperatur tinggi).

12.2.2 Keluarkan labu dari penangas, tutup rapat dan kocok selama 60 detik.

12.3 Diperlukan dua kali penentuan viskositas kinematik. Untuk viskometer yang membutuhkan pencucian lengkap setelah setiap pengukuran waktu alir, dapat digunakan dua viskometer. Viskometer tunggal yang pengukuran waktu alirnya dapat diulang secara cepat tanpa pencucian, dapat digunakan untuk melakukan dua pengukuran waktu alir dan perhitungan viskositas kinematik. Isi dua viskometer dengan cara seperti yang dikehendaki oleh desain viskometer. Misalnya untuk viskometer tipe *cross-arm* atau *BS U-tube* untuk cairan tak tembus pandang, saring sampel tersebut dengan saringan 75 µm ke dalam dua viskometer yang telah diletakkan sebelumnya dalam penangas. Untuk sampel yang diberi perlakuan panas, gunakan saringan yang telah dipanasi terlebih dahulu untuk mencegah koagulasi sampel selama penyaringan.

12.3.1 Viskometer yang diisi sebelum dimasukkan ke dalam penangas mungkin perlu dipanaskan terlebih dahulu di dalam oven sebelum diisi sampel. Hal ini untuk memastikan bahwa temperatur sampel

12.1.4.1 With samples of a very waxy nature or oils of high kinematic viscosity, it may be necessary to increase the heating temperature above 60 °C to achieve proper mixing. The sample should be sufficiently fluid for ease of stirring and shaking.

12.2 Immediately after completing 12.1.4, pour sufficient sample to fill two viscometers into a 100-mL glass flask and loosely stopper.

12.2.1 Immerse the flask in a bath of boiling water for 30 min. (**Warning:** Exercise care as vigorous boil-over can occur when opaque liquids which contain high levels of water are heated to high temperature.)

12.2.2 Remove the flask from the bath, stopper tightly, and shake for 60 s.

12.3 Two determinations of the kinematic viscosity of the test material are required. For those viscometers that require a complete cleaning after each flow time measurement, two viscometers may be used. A single viscometer in which an immediate, repeat flow time measurement can be made without cleaning may also be used for the two measurements of flow time and calculation of kinematic viscosity. Charge two viscometers in the manner dictated by the design of the instrument. For example, for the cross-arm or the BS U-tube viscometers for opaque liquids, filter the sample through a 75-µm filter into two viscometers previously placed in the bath. For samples subjected to heat treatment, use a preheated filter to prevent the sample coagulating during the filtration.

12.3.1 Viscometers which are charged before being inserted into the bath may need to be preheated in an oven prior to charging the sample. This is to ensure that the sample will not be cooled below test

tersebut tidak lebih rendah dari temperatur uji.

12.3.2 Setelah 10 menit, atur volume sampel (bila desain viskometer mensyaratkan) agar persis pada tanda batas pengisian seperti dalam spesifikasi viskometer (lihat Spesifikasi D446).

12.3.3 Biarkan viskometer yang berisi per contoh cukup waktu di dalam penangas untuk mencapai temperatur uji (lihat 12.3.1). Bila satu penangas digunakan untuk beberapa viskometer, jangan menambahkan atau mengambil sebuah viskometer sementara viskometer yang lainnya sedang digunakan untuk mengukur waktu alir.

12.4 Dengan pengaliran sampel yang bebas, ukur dalam detik sampai ketelitian 0,1 detik, waktu yang diperlukan lingkaran kontak untuk bergerak dari tanda batas penetapan waktu pertama ke tanda batas kedua. Catat hasil pengukuran.

12.4.1 Dalam hal sampel memerlukan pemanasan yang dijelaskan dalam Subpasal 12.1 sampai 12.2.1, selesaikan pengukuran waktu alir dalam waktu 1 jam setelah menyelesaikan 12.2.2. Catat hasil pengukuran waktu alir.

12.5 Hitung viskositas kinematik (ν) dalam mm^2/detik , dari setiap pengukuran waktu alir. Anggaplah ini sebagai dua nilai penentuan viskositas kinematik.

12.5.1 Untuk minyak bakar residu, bila dua penetapan viskositas kinematik, bersesuaian dalam angka sebagaimana dinyatakan untuk produk tersebut (lihat 17.1.1), gunakan rata-rata hasil penentuan ini untuk menghitung hasil viskositas kinematik yang akan dilaporkan. Catat hasilnya. Jika tidak sesuai, ulangi pengukuran waktu alir sesudah dilakukan pencucian dan pengeringan viskometer serta penyaringan sampel. Jika bahan atau temperatur, atau keduanya, tidak terdaftar dalam 17.1.1 untuk temperatur antara 15 dan 100°C , gunakan estimasi *determinability* 1,0% dan 1,5% untuk temperatur di luar rentang ini; harus disadari bahwa bahan tersebut dapat bersifat non-

temperature.

12.3.2 After 10 min, adjust the volume of the sample (where the design of the viscometer requires) to coincide with the filling marks as in the viscometer specifications (see Specifications D446).

12.3.3 Allow the charged viscometers enough time to reach the test temperature (see 12.3.1). Where one bath is used to accommodate several viscometers, never add or withdraw a viscometer while any other viscometer is in use for measuring flow time.

12.4. With the sample flowing freely, measure in seconds to within 0,1 s, the time required for the advancing ring of contact to pass from the first timing mark to the second. Record the measurement.

12.4.1 In the case of samples requiring heat treatment described in 12.1 through 12.2.1, complete the measurements of flow time within 1 h of completing 12.2.2. Record the measured flow times.

12.5 Calculate kinematic viscosity, ν , in mm^2/s , from each measured flow time. Regard these as two determined values of kinematic viscosity.

12.5.1 For residual fuel oils, if the two determinations of kinematic viscosity agree within the stated determinability figure (see 17.1.1), use the average of these determinations to calculate the kinematic viscosity result to be reported. Record the result. If the calculated kinematic viscosities do not agree, repeat the measurements of flow times after thorough cleaning and drying of the viscometers and filtering of the sample. If the material or temperature, or both, is not listed in 17.1.1, for temperatures between 15 and 100°C use as an estimate of the determinability 1,0 %, and 1,5 % for temperatures outside this range; it must be realized that these materials can be non-Newtonian, and can contain solids which

Newtonian, dan dapat mengandung padatan yang dapat terpisah dari larutan pada saat waktu alir diukur.

can come out of solution as the flow time is being measured.

13 Pembersihan viskometer

13.1 Di antara penentuan viskositas kinematik yang berturut-turut, bersihkan viskometer dengan seksama dengan beberapa kali pembilasan menggunakan pelarut sampel, diikuti dengan pelarut pengering (lihat Subpasal 7.3). Keringkan tabung tersebut dengan meniupkan udara kering yang telah disaring secara perlahan ke dalam viskometer tersebut selama 2 menit atau sampai sisa pelarut hilang.

13.2 Bersihkan viskometer secara berkala dengan larutan pencuci (**Peringatan:** lihat 7.1), selama beberapa jam untuk menghilangkan residu deposit organik, bilas dengan air (7.4) dan pelarut pengering (7.3), dan keringkan dengan udara kering yang telah disaring atau dengan vakum. Hilangkan deposit anorganik dengan pencucian asam klorida sebelum menggunakan asam pencuci, terutama bila dicurigai adanya garam barium (**Peringatan** - Perlu diperhatikan bahwa larutan pencuci alkalin tidak boleh digunakan, karena dapat terjadi perubahan dalam kalibrasi viskometer.)

13 Cleaning of viscometer

13.1 Between successive determinations of kinematic viscosity, clean the viscometer thoroughly by several rinsings with the sample solvent, followed by the drying solvent (see 7.3). Dry the tube by passing a slow stream of filtered dry air through the viscometer for 2 min or until the last trace of solvent is removed.

13.2 Periodically clean the viscometer with the cleaning solution (**Warning**-see 7.1), for several hours to remove residual traces of organic deposits, rinse thoroughly with water (7.4) and drying solvent (see 7.3), and dry with filtered dry air or a vacuum line. Remove any inorganic deposits by hydrochloric acid treatment before the use of cleaning acid particularly if the presence of barium salts is suspected. (**Warning** - It is essential that alkaline cleaning solutions are not used as changes in the viscometer calibration can occur)

14 Perhitungan

14.1 Hitung setiap viskositas kinematik (v_1) dan (v_2), dari waktu alir yang diukur (t_1) dan (t_2), dan konstanta viskometer (C), dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$v_{1,2} = C \cdot t_{1,2} \quad (2)$$

keterangan:

$v_{1,2}$ = nilai viskositas kinematik yang ditentukan masing-masing untuk v_1 dan v_2 , mm²/detik,
 C = konstanta dari viskometer yang dikalibrasi, (mm²/detik)/detik, dan
 $t_{1,2}$ = waktu alir terukur masing-masing untuk t_1 dan t_2 , detik.

Hitung hasil viskositas kinematik, v , sebagai rata-rata v_1 dan v_2 (lihat 11.2.3 dan 12.5.1).

14 Calculation

14.1 Calculate each of the kinematic viscosity, v_1 and v_2 , from the measured flow time, t_1 and t_2 , and the viscometer constant, C , by means of the following equation:

$$v_{1,2} = C \cdot t_{1,2} \quad (2)$$

where:

$v_{1,2}$ = determined kinematic viscosity values for v_1 and v_2 , respectively, mm²/s,
 C = calibration constant of the viscometer, (mm²/s)/s, and
 $t_{1,2}$ = measured flow times for t_1 and t_2 , respectively, s.

Calculate the kinematic viscosity result, v , as an average of v_1 and v_2 (see 11.2.3 and



12.5.1).

14.2 Hitung viskositas dinamik (η) dari viskositas kinematik (ν) dan densitas (ρ), dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \nu \times \rho \times 10^{-3} \quad (3)$$

keterangan:

η = viskositas dinamik, mPa.detik,

ρ = densitas, kg/m³, pada temperatur yang sama yang digunakan untuk penetapan viskositas kinematik, dan

ν = viskositas kinematik, mm²/detik.

14.2.1 Densitas sampel dapat ditentukan pada temperatur uji penentuan viskositas kinematik sesuai Metode Uji D1217, D1480 atau D1481.

14.2 Calculate the dynamic viscosity, η , from the calculated kinematic viscosity, ν , and the density, ρ , by means of the following equation:

$$\eta = \nu \times \rho \times 10^{-3} \quad (3)$$

where:

η = dynamic viscosity, mPa. s,

ρ = density, kg/m³, at the same temperature used for the determination of the kinematic viscosity, and

ν = kinematic viscosity, mm²/s.

14.2.1 The density of the sample can be determined at the test temperature of the kinematic viscosity determination by an appropriate method such as Test Methods D1217, D1480, or D1481.

15 Penyajian hasil

15.1 Laporkan hasil uji viskositas kinematik atau viskositas dinamik, atau keduanya, dalam empat angka penting, bersama temperatur uji.

15 Expression of results

15.1 Report the test results for the kinematic or dynamic viscosity, or both, to four significant figures, together with the test temperature.

16 Pelaporan

16.1 Laporkan informasi berikut:

16.1.1 Tipe dan identifikasi produk yang diuji,

16.1.2 Acuan untuk metode uji ini atau suatu standar internasional yang lain

16.1.3 Hasil uji (lihat Pasal 15),

16.1.4 Setiap penyimpangan, dengan persetujuan atau lainnya, dari prosedur yang ditentukan,

16.1.5 Tanggal uji, dan

16.1.6 Nama dan alamat laboratorium uji.

16 Report

16.1 Report the following information:

16.1.1 Type and identification of the product tested,

16.1.2 Reference to this test method or a corresponding international standard,

16.1.3 Result of the test (see Section 15),

16.1.4 Any deviation, by agreement or otherwise, from the procedure specified,

16.1.5 Date of the test, and

16.1.6 Name and address of the test laboratory.

17 Presisi

17.1 Perbandingan nilai yang ditetapkan:

17.1.1 **Determinability** (d) - Perbedaan diantara penetapan yang berturut-turut yang diperoleh dari operator yang sama, dalam laboratorium yang sama, dengan

17 Precision

17.1 Comparison of determined values:

17.1.1 Determinability (d)-The difference between successive determinations obtained by the same operator in the same laboratory using the same apparatus for a

menggunakan peralatan yang sama, untuk serangkaian pengujian yang mengarah pada suatu hasil uji tunggal, dalam jumlah pengujian yang banyak, pada penggunaan normal dan sesuai metode uji, hanya satu dari dua puluh kasus yang melebihi nilai yang ditunjukkan:

series of operations leading to a single result, would in the long run, in the normal and correct operation of the test method, exceed the values indicated only in one case in twenty:

Minyak lumas dasar pada 40 dan 100°C⁹	0,0020y	(0,20 %)
Minyak lumas pada 40 dan 100 °C¹⁰	0,0013y	(0,13 %)
Minyak terformulasi pada 150°C¹¹	0,015y	(1,5 %)
Petroleum wax pada 100°C¹²	0,0080y	(0,80 %)
Minyak bakar residu pada 80 dan 100°C¹³	0,011(y+8)	
Minyak bakar residu pada 50°C¹³	0,017y	(1,7 %)
Aditif pada 100°C¹⁴	0,00106y^{1,1}	
Solar pada 40°C¹⁵	0,0013(y+1)	
Bahan bakar jet pada - 20°C¹⁶	0,0018y	(0,18 %)
Base oils at 40 and 100 °C⁹	0,0020y	(0,20 %)
Formulated oils at 40 and 100°C¹⁰	0,0013y	(0,13 %)
Formulated oils at 150°C¹¹	0,015y	(1,5 %)
Petroleum wax at 100°C¹²	0,0080y	(0,80 %)
Residual fuel oils at 80 and 100°C¹³	0,011(y+8)	
Residual fuel oils at 50°C¹³	0,017y	(1,7 %)
Additives at 100°C¹⁴	0,00106y^{1,1}	
Gas oils at 40°C¹⁵	0,0013(y+1)	
Jet fuels at -20°C¹⁶	0,0018y	(0,18 %)

keterangan: y adalah rata-rata penentuan yang dibandingkan.

where: y is the average of determinations being compared.

⁹Data pendukung telah diisi di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan memohon Laporan Penelitian RR:D02-1331 and RR:D02-1132. Nilai presisi diperoleh dengan uji statistik dari hasil antar laboratorium dari enam minyak mineral (minyak dasar tanpa berisi aditif) dalam kisaran dari 8 sampai 1005 mm²/s pada 40°C dan dari 2 sampai 43 mm²/s pada 100°C, dan pertama dipublikasikan tahun 1989. Lihat Panduan D6074.

⁹ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and maybe obtained by requesting Research Reports RR:D02-1331 and RR:D02-1132. These precision values were obtained by statistical examination of interlaboratory results from six mineral oils (base oils without additive package) in the range from 8 to 1005 mm²/s at 40°C and from 2 to 43 mm²/s at 100°C, and were first published in 1989. Request See Guide D6074.

¹⁰Data pendukung telah diisi di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan memohon Laporan Penelitian RR:D02-1332. Nilai presisi diperoleh dengan uji statistik dari hasil-hasil antar laboratorium dari tujuh minyak mesin formulasi penuh dalam rentang dari 36 sampai 340 mm²/detik pada 40 °C dan dari 6 sampai 25 mm²/detik pada 100°C, dan pertama dipublikasikan tahun 1991. Lihat Panduan D6071.

¹⁰ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:D02-1332. These precision values were obtained by statistical examination of interlaboratory results from seven fully formulated engine oils in the range from 36 to 340 mm²/s at 40°C and from 6 to 25 mm²/s at 100°C, and were first published in 1991. See Guide D6071.

¹¹Data pendukung telah diisi di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan memohon Laporan Penelitian RR:D02-1333. Nilai presisi ini diperoleh dengan uji statistik dari hasil-hasil antar laboratorium dari delapan minyak mesin formulasi penuh dalam rentang dari 7 sampai 19 mm²/detik pada 150

¹¹ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:D02-1333. These precision values were obtained by statistical examination of interlaboratory results for eight fully formulated engine oils in the range from 7 to 19 mm²/s at 150°C, and first published



°C, dan pertama dipublikasikan tahun 1991. Lihat Panduan D6074.

¹²Data pendukung telah diisi di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan memohon Laporan Penelitian RR:D02-1334. Nilai presisi ini diperoleh dengan uji statistik dari hasil-hasil antar laboratorium dari lima petroleum wax dalam rentang dari 3 sampai 16 mm²/detik pada 100 °C, dan pertama dipublikasikan tahun 1988.

¹² Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:D02-1334. These precision values were obtained by statistical examination of interlaboratory results from five petroleum waxes in the range from 3 to 16 mm²/s at 100°C, and were first published in 1988.

¹³Data pendukung telah diisi di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan memohon Laporan Penelitian RR:D02-1198. Nilai presisi ini diperoleh dengan uji statistik dari hasil-hasil antar laboratorium dari empat belas minyak bahan bakar residu dalam rentang dari 30 sampai 1 300 mm²/detik pada 50 °C dan dari 5 sampai 170 mm²/detik pada 80 dan 100 °C, dan pertama dipublikasikan tahun 1984.

¹³ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and maybe obtained by requesting Research Report RR:D02-1198. These precision values were obtained by statistical examination of interlaboratory results from fourteen residual fuel oils in the range from 30 to 1 300 mm²/s at 50°C and from 5 to 170 mm²/s at 80 and 100°C, and were first published in 1984.

¹⁴Data pendukung telah diisi di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan memohon Laporan Penelitian RR:D02-1421. Nilai presisi ini diperoleh dengan uji statistik dari hasil-hasil antar laboratorium dari delapan aditif dalam rentang dari 145 sampai 1 500 mm²/detik pada 100 °C dan pertama dipublikasikan tahun 1997.

¹⁴ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and maybe obtained by requesting Research Report RR:D02-1421. These precision values were obtained by statistical examination of interlaboratory results from eight additives in the range from 145 to 1 500 mm²/s at 100°C and were first available in 1997.

¹⁵Data pendukung telah diisi di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan memohon Laporan Penelitian RR:D02-1422. Nilai presisi ini diperoleh dengan uji statistik dari hasil-hasil antar laboratorium dari delapan minyak solar dalam rentang dari 1 sampai 13 mm²/detik pada 40 °C dan pertama dipublikasikan tahun 1997.

¹⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and maybe obtained by requesting Research Report RR:D02-1422. These precision values were obtained by statistical examination of interlaboratory results from eight gasoils in the range from 1 to 13 mm²/s at 40°C and were first available in 1997.

¹⁶Data pendukung telah diisi di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan memohon Laporan Penelitian RR:D02-1420. Nilai presisi ini diperoleh dengan uji statistik dari hasil-hasil antar laboratorium dari sembilan bahan bakar jet dalam rentang dari 4,3 sampai 5,6 mm²/detik pada -20 °C dan pertama dipublikasikan tahun 1997.

¹⁶ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and maybe obtained by requesting Research Report RR:D02-1420. These precision values were obtained by statistical examination of interlaboratory results from nine jet fuels in the range from 4,3 to 5,6 mm²/s at -20°C and were first available in 1997.

17.2 Perbandingan hasil:

17.2.1 *Repeatability (r)*-Perbedaan antara hasil-hasil yang berturut-turut yang diperoleh dari operator yang sama, dalam laboratorium yang sama, dengan peralatan yang sama, pada kondisi operasi yang tetap, dengan bahan uji yang sama, dalam jumlah pengujian yang banyak, pada penggunaan normal dan benar dari metode uji, hanya satu dalam dua puluh kasus:

Minyak lumas dasar pada 40 dan 100°C⁹
Minyak lumas pada 40 dan 100°C¹⁰
Minyak terformulasi pada 150°C¹¹
Petroleum wax pada 100°C¹²
Minyak bakar residu pada 80 dan 100°C¹³
Minyak bakar residu pada 50°C¹³
Aditif pada 100°C¹⁴
Solar pada 40°C¹⁵
Bahan bakar jet pada -20°C¹⁶

Base oils at 40 and 100°C⁹
Formulated oils at 40 and 100°C¹⁰
Formulated oils at 150°C¹¹
Petroleum wax at 100°C¹²
Residual fuel oils at 80 and 100°C¹³
Residual fuel oils at 50°C¹³
Additives at 100°C¹⁴
Gas oils at 40°C¹⁵
Jet fuels at -20°C¹⁶

17.2 Comparison of results:

17.2.1 *Repeatability (r)*-The difference between successive results obtained by the same operator in the same laboratory with the same apparatus under constant operating conditions on identical test material would, in the long run, in the normal and correct operation of this test method, exceed the values indicated only in one case in twenty:

0,0011x (0,11 %)
0,0026x (0,26 %)
0,0056x (0,56 %)
0,0141x^{1,2}
0,013(x+8)
0,015 x (1,5%)
0,00192x^{1,1}
0,0043(x+1)
0,007x (0,7 %)

0,0011x (0,11 %)
0,0026x (0,26 %)
0,0056x (0,56 %)
0,0141x^{1,2}
0,013(x+8)
0,015 x (1,5%)
0,00192x^{1,1}
0,0043(x+1)
0,007x (0,7 %)

keterangan: x adalah rata-rata hasil yang dibandingkan.

where: x is the average of results being compared.

17.2.2 *Reproducibility (R)*-Perbedaan antara dua hasil individual dan independen yang diperoleh dari operator yang berbeda, yang bekerja dalam laboratorium yang berbeda, pada bahan uji yang secara nominal identik, dalam pengujian yang banyak, pada penggunaan normal dan benar dari metode uji, hanya satu dalam dua puluh kasus yang melebihi nilai yang ditunjukkan:

17.2.2 *Reproducibility (R)*-The different between two single and independent results obtained by different operators working in different laboratories on nominally identical test material would, in the long run, in the normal and correct operation of this method, exceed the values indicated below only in one case twenty:



Minyak lumas dasar pada 40 dan 100°C ⁹	0,0065x	(0,65 %)
Minyak lumas pada 40 dan 100°C ¹⁰	0,0076x	(0,76 %)
Minyak lumas pada 150°C ¹¹	0,018x	(1,8 %)
Petroleum wax pada 100°C ¹²	0,0366x ^{1,2}	
Minyak bakar residu pada 80 dan 100°C ¹³	0,04(x+8)	
Minyak bakar residu pada 50°C ¹³	0,074x	(7,4 %)
Aditif pada 100°C ¹⁴	0,00862x ^{1,1}	
Solar pada 40°C ¹⁵	0,0082(x+1)	
Bahan bakar jet pada - 20°C ¹⁶	0,019x	(1,9 %)
Base oils at 40 and 100°C ⁹	0,0065x	(0,65 %)
Formulated oils at 40 and 100°C ¹⁰	0,0076x	(0,76 %)
Formulated oils at 150°C ¹¹	0,018x	(1,8 %)
Petroleum wax at 100°C ¹²	0,0366x ^{1,2}	
Residual fuel oils at 80 and 100°C ¹³	0,04(x+8)	
Residual fuel oils at 50°C ¹³	0,074x	(7,4 %)
Additives at 100°C ¹⁴	0,00862x ^{1,1}	
Gas oils at 40°C ¹⁵	0,0082(x+1)	
Jet fuels at -20°C ¹⁶	0,019x	(1,9 %)

keterangan: x adalah rata-rata hasil yang dibandingkan.

where: x is the average of results being compared.

17.3 Presisi untuk minyak bekas belum ditentukan tetapi diperkirakan lebih buruk dari pada minyak terformulasi. Karena variabel yang ekstrim dari minyak bekas tersebut, tidak diperkirakan akan dilakukan penetapan presisi dari minyak bekas.

17.3. The precision for used oils has not been determined but is expected to be poorer than that for formulated oils. Because of the extreme variability of such used oils, it is not anticipated that the precision of used will be determined.

17.4 Presisi dari viskometer otomatis yang spesifik belum ditentukan. Akan tetapi, suatu analisis telah dibuat dari data yang banyak meliputi viskometer otomatis dan manual dengan rentang temperatur 40 sampai 100°C. Data *reproducibility* viskometer otomatis tidak berbeda nyata secara statistik dibandingkan *reproducibility* viskometer manual. Juga diketahui tidak ada bias antara data viskometer otomatis dibandingkan dengan data manual.¹⁷

17.4 The precision for specific automated viscometers has not been determined. However, an analysis has been made of a large data set including both automated and manual viscometers over the temperature range of 40 to 100°C. The reproducibility of automated viscometer data is not statistically significantly different than the reproducibility of manual viscometer data. It is also shown that there is no bias of the automated data in comparison to the manual data.¹⁷

18 Kata kunci

18.1 Viskositas dinamik, viskositas kinematik, viskometer, viskositas.

18 Keywords

18.1 Dynamic viscosity; kinematic viscosity; viscometer, viscosity.

¹⁷Data pendukung telah diisi di Kantor Pusat ASTM Internasional dan dapat diperoleh dengan memohon Laporan Penelitian RR: D02-1498.

¹⁷ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and maybe obtained by requesting Research Report RR:D02-1498.

Lampiran
(normatif)
A1. Tipe viskometer, kalibrasi dan verifikasi

Annex
(Mandatory Information)
A1. Viscometer types, calibration and verification

A1.1 Tipe viskometer

A1.1.1 Tabel A1.1 menyajikan daftar viskometer kapiler yang biasa digunakan untuk penetapan viskositas produk petroleum. Untuk spesifikasi dan petunjuk penggunaan, mengacu pada Spesifikasi D446.

A1.1.2 Tabel A1.2 menyajikan daftar standar referensi viskositas bersertifikat.

Tabel A1.1 - Tipe viskometer

Identifikasi Viskometer	Rentang Viskositas	Kinematik ^A , mm ² /detik
A. Tipe Ostwald untuk Cairan Transparan		
Cannon-Fensko routine ^B	0,5 sampai 20 000	
Zeitfuchs	0,6 sampai 3 000	
Tabung BS/U ^B 0,9 sampai 10 000		
Miniatur BS/U/M	0,2 sampai 100	
SIL ^B	0,6 sampai 10 000	
Cannon-Manning Semi micro	0,4 sampai 20 000	
Pin kevich ^B	0,6 sampai 17 000	
B. Tipe Suspended-Level untuk Cairan Transparan		
BS/IP/SL ^B	3,5 sampai 100 000	
BS/IP/SL (S) ^B	1,05 sampai 10 000	
BS/IP/MSL	0,6 sampai 3 000	
Ubbelohde ^B	0,3 sampai 10 000	
FitzSimons	0,6 sampai 1 200	
Atlantic ^B	0,75 sampai 5 000	
Cannon ubbelohde (A), Cannon	0,5 sampai 100 000	
Ubbelohde delution ^B (B)		
Cannon ubbelohde semi micro	0,4 sampai 20 000	
C. Tipe Reverse-Flow untuk Cairan Transparan dan Tak Tembus Cahaya		
Cannon-Fensko keruh	0,4 sampai 2 000	
Zeitfuchs	0,6 sampai 100 000	
BS/IP/RF Tabung U aliran balik	0,6 sampai 300 000	
Lantz-Zeitfuchs jenis aliran balik	60 sampai 100 000	

^ASetiap rentang viskositas memerlukan satu seri viskometer. Untuk menghindari koreksi energi kinetik, viskometer ini didesain dengan waktu alir lebih dari 200 detik, kecuali yang dinyatakan dalam Spesifikasi D446.

^BDalam setiap seri, waktu alir minimum untuk viskometer dengan konstanta terendah lebih dari 200 detik.

A1.1 Viscometer types

A1.1.1 Table A1.1 lists capillary viscometers commonly in use for viscosity determinations on petroleum products. For specifications and operating instructions, refer to Specifications D446.

A1.1.2 Table A1.2 lists certified viscosity reference standards.

Table A1.1 - Viscometer types

Viscometer Identification	Kinematics Viscosity Range ^A , mm ² /s
A. Ostwald Types for Transparent Liquids	
Cannon-Fenske routine ^B	0,5 to 20 000
Zeitfuchs	0,6 to 3 000
BS/U-tube ^B	0,9 to 10 000
BS/U/M miniature	0,2 to 100
SIL ^B	0,6 to 10 000
Cannon-Manning semi-micro	0,4 to 20 000
Pinkevitch ^B	0,6 to 17 000
B. Suspended-level Types for Transparent Liquids	
BS/IP/SL ^B	3,5 to 100 000
BS/IP/SL(S) ^B	1,05 to 10 000
BS/IP/MSL ^B	0,6 to 3 000
Ubbelohde ^B	0,3 to 100 000
FitzSimons	0,6 to 1 200
Atlantic ^B	0,75 to 5 000
Cannon-Ubbelohde (A), Cannon	0,5 to 100 000
Ubbelohde dilution ^B (B)	
Cannon-Ubbelohde semi-micro	0,4 to 20 000
C. Reverse-flow Types for Transparent and Opaque Liquids	
Cannon-Fenske opaque	0,4 to 20 000
Zeitfuchs cross-arm	0,6 to 100 000
BS/IP/RF U-tube reverse-flow	0,6 to 300 000
Lantz-Zeitfuchs type reverse-flow	60 to 100 000

^A Each range quoted requires a series of viscometers. To avoid the necessity of making a kinetic energy correction, these viscometers are designed for a flow time in excess of 200 s except where noted in Specifications D446.

^B In each of these series, the minimum flow time for the viscometers with lowest constants exceeds 200 s.

Tabel A1.2 - Standar referensi viskositas bersertifikat

Perkiraan Viskositas Kinematik, mm ² /detik						
Penandaan						
20 °C	25 °C	40 °C	50 °C	80 °C	100 °C	
S3	4,6	4,0	2,9	...	... 1,2	
S6	11	8,9	5,7	...	...1,8	
S20	44	34	18	...	...3,9	
S60	170	120	54	...	...7,2	
S200	640	450	180	...	...17	
S600	2 400	1 600	520	280	67	32
S2000	8 700	5 600	1 700	...	...75	
S8000	37 000	23 000	6 700	...	...
S30000	...	81 000	23 000	11 000	.....

Table A1.2 - Certified viscosity reference standards

Approximate Kinematics Viscosity, mm ² /s						
Designation						
20 °C	25 °C	40 °C	50 °C	80 °C	100 °C	
S3	4,6	4,0	2,9	...	... 1,2	
S6	11	8,9	5,7	...	...1,8	
S20	44	34	18	...	...3,9	
S60	170	120	54	...	...7,2	
S200	640	450	180	...	...17	
S600	2 400	1 600	520	280	67	32
S2000	8 700	5 600	1 700	...	...75	
S8000	37 000	23 000	6 700	...	.....
S30000	...	81 000	23 000	11 000	.....



Lampiran
(normatif)
A2. Termometer uji viskositas kinematik

Annex
(Mandatory Information)
A2. Kinematic viscosity test thermometers

A2.1 Termometer khusus rentang pendek

A2.1.1 Gunakan suatu termometer khusus rentang pendek yang sesuai dengan spesifikasi generik yang diberikan dalam Tabel A2.1 dan Tabel A2.2 dan salah satu dari desain ditunjukkan dalam Gambar A2.1.

A2.1.2 Perbedaan desain terutama terletak pada posisi skala titik es. Pada Desain A, titik es berada dalam rentang skala, pada Desain B, titik es berada di bawah rentang skala, dan pada Desain C, titik es berada di atas rentang skala.

A2.2 Kalibrasi

A2.2.1 Gunakan termometer gelas dengan akurasi setelah koreksi sebesar 0,02°C atau lebih kecil, dikalibrasi oleh suatu laboratorium yang memenuhi persyaratan ISO 9000 atau ISO 17025, dan mempunyai sertifikat yang menjamin bahwa kalibrasi tersebut mampu telusur ke standar nasional. Sebagai alternatif, gunakan alat pengukur temperatur seperti termometer tahanan platina, dengan akurasi yang sebanding atau lebih baik, dengan persyaratan sertifikasi yang sama.

A2.2.2 Koreksi skala dari termometer gelas dapat berubah selama penyimpanan dan penggunaan, oleh karena itu diperlukan kalibrasi ulang secara reguler. Hal ini mudah dicapai oleh suatu laboratorium, dengan melakukan kalibrasi ulang titik es, dan semua koreksi skala utama yang berubah dimana perubahannya terlihat pada titik es.

A2.1 Short - range specialized thermometer

A2.1.1 Use a short-range specialized thermometer conforming to the generic specification given in Table A2.1 and Table A2.2 and to one of the designs shown in Fig. A2.1.

A2.1.2 The difference in the designs rests mainly in the position of the ice point scale. In Design A, the ice point is within the scale range, in Design B, the ice point is below the scale range, and in Design C, the ice point is above the scale range.

A2.2 Calibration

A2.2.1 Use liquid-in-glass thermometers with an accuracy after correction of 0,02°C or better, calibrated by a laboratory meeting the requirements of ISO 9000 or ISO 17025, and carrying certificates confirming that the calibration is traceable to a national standard. As an alternative, use thermometric devices such as platinum resistance thermometers, of equal or better accuracy, with the same certification requirements.

A2.2.2 The scale correction of liquid-in-glass thermometers can change during storage and use, and therefore regular re-calibration is required. This is most conveniently achieved in a working laboratory by means of a re-calibration of the ice point, and all of the main scale corrections altered for the change seen in the ice point.



Tabel A2.1 - Spesifikasi umum untuk termometer

CATATAN Tabel A2.2 memberikan rentang termometer ASTM, IP dan ASTM/IP sesuai dengan spesifikasi dalam Tabel A2.1, berikut temperatur ujinya. Lihat Spesifikasi E1 dan Metode Uji E 77.

Table A2.1 - General specification for thermometers

NOTE Table A2.2 gives a range of ASTM, and ASTM/IP thermometers that comply with the specification in Table A2.1, together with their designated test temperatures. See Specification E1 and Test Method E 77.

Immersion	Pencelupan	Total
Scale marks:	Tanda skala:	
Subdivisions	Sub-divisi	°C 0,05
Long lines at each	Garis panjang setiap	°C 0,1 dan 0,5
Numbers at each	Jumlah setiap	°C 1
Maximum line width	Lebar garis maksimal	mm 0,10
Scale error at test temperature, max	Kesalahan skala pada temperatur uji, maks.	°C 0,1
Expansion chamber:	Ruang ekspansi:	
Permit heating to	Boleh dipanaskan sampai	°C 105 up to 90, 120 between 90 and 95, 130 between 95 and 105, 170 above 105
Total Length	Panjang Total	mm 300 to 310
Stem outside diameter	Diameter tangkai luar	mm 6,0 to 8,0
Bulb length	Panjang bulb	mm 45 to 55
Bulb outside diameter	Diameter luar bulb	mm no greater than stem
Length of scale range	Rentang panjang skala	mm 40 to 90

**Tabel A2.2 - Termometer yang sesuai
Table A2.2 - Complying thermometers**

Thermometer No.	°C	Temperatur uji Test temperature	°F
ASTM 132C,IP 102C	150		
ASTM 110C,F/IP 93C	135		275
ASTM 121C/IP 32C	98,9		210
	100		212
ASTM 129C,F/IP 36C	93,3		200
ASTM 48 C, F/IP 90C	82,2		180
IP 100C	80		
ASTM 47C, F/IP 35C	60		140
ASTM 29,F/IP 34C	54,4		130
ASTM 46C, F/IP 66C	50		122
ASTM 120C/IP 92C	40		
ASTM 28C,F/IP 31C	37,8		100
ASTM 118C,F	30		86
ASTM 45,F/IP 30C	25		77
ASTM 44C,IP 29C	20		68
ASTM 128C,F/IP 33C	0		32
ASTM 72C,F/ 67C	-17,8		0
ASTM 127C/IP 99C	-20		-4
ASTM 126C,F/IP 71C	-26,1		-20
ASTM 73C,F/IP 68C	-40		-40
ASTM 74C,F/IP 69C	-53,9		-65

A2.2.2.1 Interval pemeriksaan titik es tidak lebih dari enam bulan (lihat NIST GMP 11). Untuk termometer baru, disarankan pemeriksaan bulanan untuk enam bulan pertama. Perubahan bagian skala satu atau lebih pada titik es, berarti bahwa termometer pernah mengalami pemanasan berlebih atau rusak, dan mungkin sudah melewati periode kalibrasi. Termometer tersebut tidak boleh dipakai kembali sampai diinspeksi, atau dikalibrasi ulang, atau keduanya. Kalibrasi ulang yang lengkap terhadap termometer, walaupun diperbolehkan, tetapi tidak diperlukan untuk memenuhi akurasi seperti yang berasal dari desain termometer (lihat NIST Special Publication 819). Setiap perubahan koreksi titik es harus ditambahkan ke koreksi lainnya pada Laporan Kalibrasi.

A2.2.2.2 Alat pengukur temperatur lainnya, jika digunakan, juga akan memerlukan kalibrasi ulang secara periodik. Simpan semua catatan kalibrasi ulang.

A2.2.3 Prosedur kalibrasi ulang titik es termometer gelas

A2.2.3.1 Jika tidak dicantumkan pada sertifikat kalibrasi, kalibrasi ulang termometer viskositas kinematik terkalibrasi mensyaratkan bahwa pembacaan titik es harus dilakukan dalam waktu 60 menit setelah berada pada temperatur uji tidak kurang dari 3 menit.

A2.2.3.2 Pilih potongan es yang jernih, sebaiknya dibuat dari air murni atau air suling. Buang setiap bagian es yang keruh. Bilas es dengan air suling dan serut atau hancurkan menjadi bagian-bagian kecil, hindari kontak langsung dengan tangan atau setiap objek yang tercemar bahan kimia. Isi vesel Dewar dengan butiran es dan tambahkan air secukupnya untuk membentuk lumpur es, tetapi tidak cukup untuk mengapungkan es. Bila es mencair, keluarkan sejumlah air dan tambahkan sejumlah butiran es. Sisipkan termometer, dan padatkan es secara lembut sekitar batang termometer, sampai kedalaman sekitar satu bagian skala di bawah tanda batas 0°C.

A2.2.2.1 The interval for ice-point checking be not greater than six months (see NIST GMP 11). For new thermometers, monthly checking for the first six months is recommended. A change of one or more scale divisions in the ice-point means that the thermometer may have been over heated or damaged, and it may be out of calibration. Such thermometers shall be removed from service until inspected, or re-calibrated, or both. A complete re-calibration of the thermometer, while permitted, is not necessary in order to meet the accuracy ascribed to this design thermometer (see NIST Special Publication 819). Any change in ice-point correction shall be added to the other corrections of the original Report of Calibration.

A2.2.2.2 Other thermometric devices, if used, will also required periodic re-calibration. Keep records of all re-calibration.

A2.2.3 Procedure for ice-point re-calibration of liquid-in-glass thermometers

A2.2.3.1 Unless otherwise listed on the certificate of calibration, the re-calibration of calibrated kinematic viscosity thermometers requires that ice-point reading shall be taken within 60 min after being at test temperature for not less than 3 min.

A2.2.3.2 Select clear pieces of ice, preferably made from distilled or pure water. Discard any cloudy or unsound portions. Rinse the ice with distilled water and shave or crush into small pieces, avoiding direct contact with the hands or any chemically unclean objects. Fill the Dewar vessel with the crushed ice and add sufficient water to form a slush, but not enough to float the ice. As the ice melts, drain off some of the water and add more crushed ice. Insert the thermometer, and pack the ice gently about the stem, to a depth approximately one scale division below the 0°C graduation.

A2.2.3.3 Setelah minimal 3 menit kemudian, ketuk termometer dengan pelan dan berulang kali pada sudut tegak terhadap sumbu horizontal sambil melakukan pengamatan. Nilai pembacaan berturut-turut yang dilakukan dengan selang waktu minimal 1 menit harus tidak lebih dari 0,005 °C.

A2.2.3.4 Catat pembacaan titik es dan tentukan koreksi termometer pada temperatur ini dari pembacaan rata-rata. Jika koreksi ditemukan lebih tinggi atau lebih rendah daripada kalibrasi terdahulu, ganti koreksi pada semua temperatur lainnya dengan nilai yang sama.

A2.2.3.5 Lakukan pengujian pada kondisi berikut:

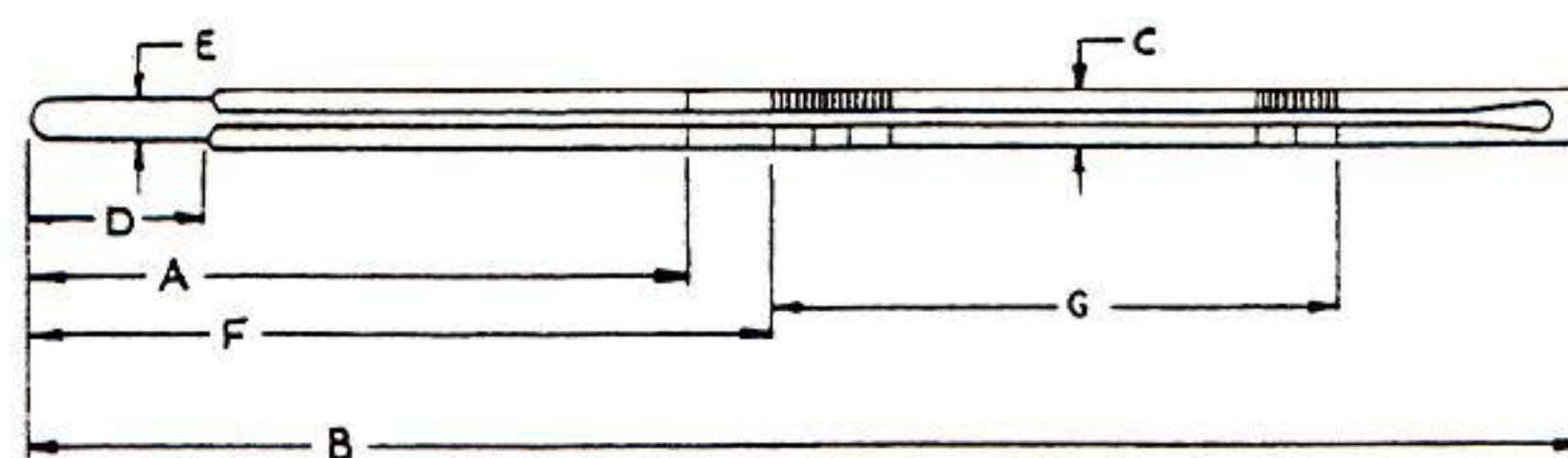
- (1) Termometer harus dipasang vertikal.
- (2) Amati termometer dengan alat Bantu optik yang memberikan pembesaran sekitar lima kali dan juga menghilangkan paralaks.
- (3) Nyatakan nilai titik es sampai pembacaan terdekat 0,005 °C.

A2.2.3.3 After at least 3 min have elapsed, tap the thermometer gently and repeatedly at right angles to its axis while making observations. Successive readings taken at least 1 min apart shall agree within 0,005 °C.

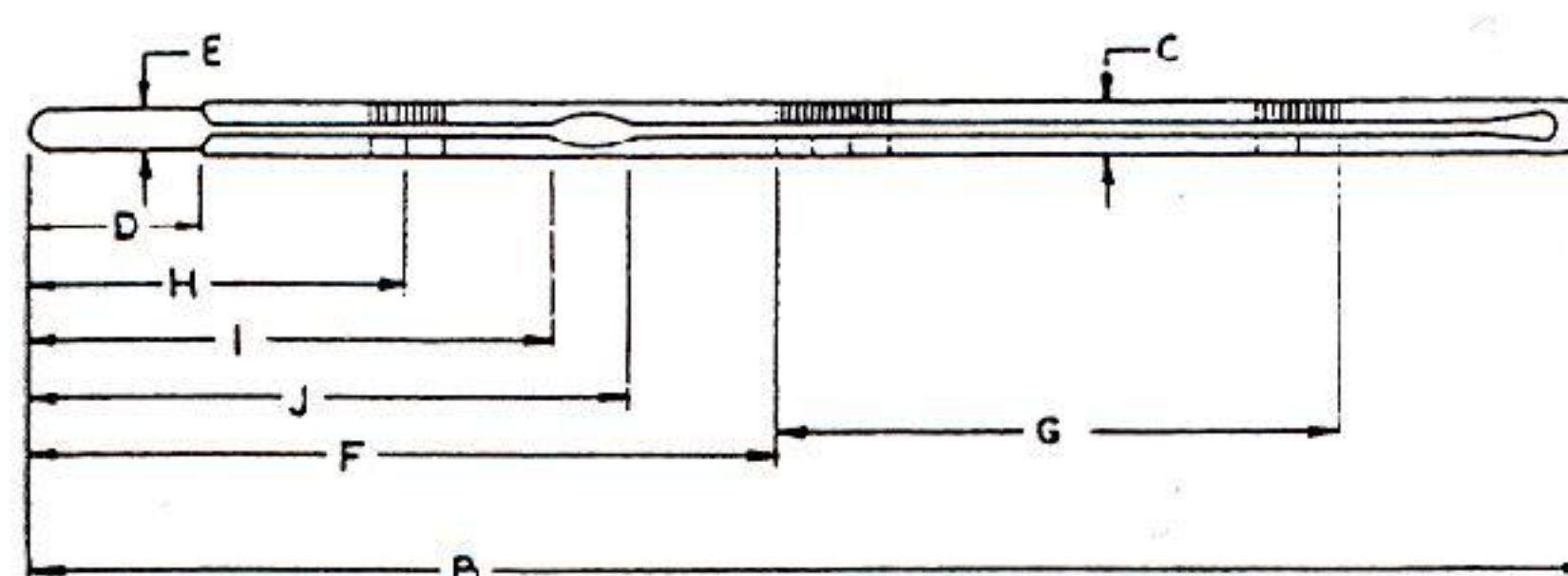
A2.2.3.4 Record the ice-point readings and determine the thermometer correction at this temperature from the mean reading. If the correction is found to be higher or lower than that corresponding to a previous calibration, change the correction at all other temperatures by the same value.

A2.2.3.5 During the procedure, apply the following conditions:

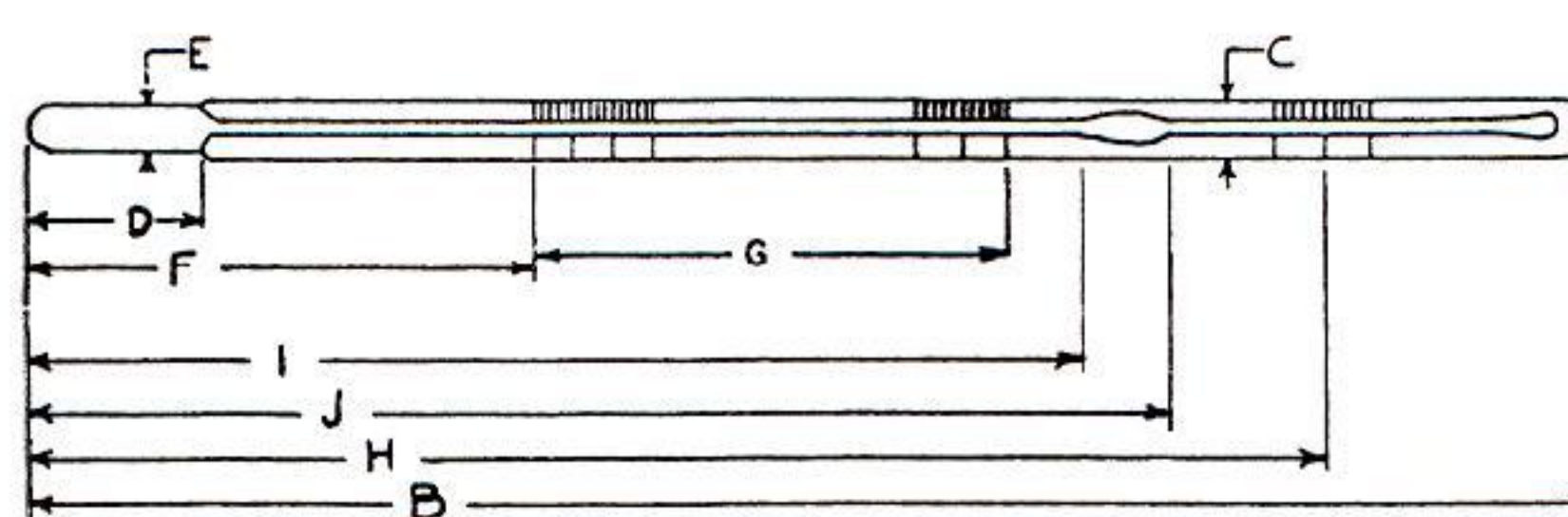
- (1) The thermometer shall be supported vertically.
- (2) View the thermometer with an optical aid that gives a magnification of approximately five and also eliminates parallax.
- (3) Express the ice-point reading to the nearest 0,005 °C.



(a)



(b)



(c)

Gambar A2.1 - Desain termometer
Fig. A2.1 - Thermometer designs

A2.2.4 Dalam pemakaian, celupkan alat pengukur temperatur sampai kedalaman yang sama seperti ketika dikalibrasi lengkap. Sebagai contoh, bila termometer gelas dikalibrasi pada kondisi normal pencelupan total, termometer harus dicelupkan sampai puncak kolom air raksa, sehingga sisa batang termometer dan volume ekspansi pada ujung bagian atas termometer terpengaruh oleh temperatur dan tekanan ruangan. Dalam pelaksanaannya, kolom air raksa harus berada pada kedalaman yang sama dengan empat bagian skala dari permukaan media yang diukur temperaturnya.

A2.2.4.1 Jika kondisi ini tidak dapat dipenuhi, maka kemungkinan diperlukan suatu koreksi tambahan.

A2.2.4 When in use, immerse the thermometric device to the same depth as when it was fully calibrated. For example, if a liquid-in-glass thermometer was calibrated at the normal total immersion condition, it shall be immersed to the top of the mercury column with the remainder of the stem and expansion volume at the uppermost end exposed to room temperature and pressure. In practice, this means that the top of the mercury column shall be within a length equivalent to four scale divisions of the surface of the medium whose temperature is being measured.

A2.2.4.1 If this condition cannot be met, then an extra correction may be necessary.

Lampiran
(normatif)
A3. Akurasi pengukur waktu

Annex
(Mandatory Information)
A3 Timer accuracy

A3.1 Periksa akurasi pengukur waktu secara reguler dan pelihara catatan pemeriksaan tersebut.

A3.1 Regularly check timers for accuracy and maintain records of such checks.

A3.1.1 Sinyal waktu seperti yang dipancarkan oleh National Institute of Standards and Technology adalah suatu acuan standar primer yang sesuai untuk mengkalibrasi alat pengukur waktu. Standar berikut dapat digunakan sampai akurasi 0,1 detik:

A3.1.1 Time signals as broadcast by the National Institute of Standards and Technology are a convenient and primary standard reference for calibrating timing devices. The following can be used to an accuracy of 0,1 s:

WWV Fort Collins, CO 2,5; 5; 10; 15; 20 MHz
MWWH Kauai, HI 2,5; 5; 10; 15 MHz
CHU Ottawa Canada 3,33; 7,335; 14,67 MHz

WWV Fort Collins, CO 2,5, 5, 10, 15, 20 MHz
WWVH Kauai, HI 2,5, 5, 10, 15, MHz
CHU Ottawa, Canada 3,33, 7,335, 14.67 MHz

A3.1.2 Siaran radio dari dan audio pada saluran telepon pada nomor 303-499-7111. Pelayanan tambahan waktu tersebut dapat diperoleh dari *National Institute of Standards and Technology*.

A3.1.2 Radio broadcast of voice and audio on a telephone line at phone 303-499-7111. Additional time services are available from the National Institute of Standards and Technology.

Lampiran (normatif)

A4. Menghitung wilayah toleransi keberterimaan (BAND) dalam penentuan kesesuaian dengan bahan referensi bersertifikat (CRM)

CATATAN A4.1 Perhitungan ini berdasarkan Prosedur D6617.

A4.1 Tentukan deviasi standar ketidakpastian (σ_{site}) dari program kontrol kualitas laboratorium. (Lihat prosedur D6299).

A4.1.1 Jika deviasi standar ketidakpastian (σ_{site}) tidak diketahui, gunakan nilai 0,19%.

A4.2 Tentukan ketidakpastian gabungan (CEU) dari nilai referensi keberterimaan (ARV) dari bahan referensi bersertifikat (CRM) dari label pemasok atau dokumen terkait. Pada metode uji ini, CRM adalah Standar Acuan Viskositas Bersertifikat (CVRS) seperti didefinisikan pada Subpasal 9.2.

CATATAN A4.2 *Combined Extended Uncertainty* (CEU) ekuivalen dengan *Expanded Uncertainty* (U). Lihat Catatan Teknik 1297 NIST.

A4.3 Hitung kesalahan standar dari nilai referensi keberterimaan (SE_{ARV}) dengan membagi CEU dengan faktor (k) yang tercantum pada label pemasok atau dokumen terkait.

$$SE_{\text{ARV}} = \frac{CEU_{\text{ARV}}}{k} \quad (\text{A4.1})$$

CATATAN A4.3 *Standard Error* (SE_{ARV}) ekuivalen dengan *Combined Standard Uncertainty* (UC). Lihat Catatan Teknik 1297 NIST.

A4.3.1 Jika faktor (k) tidak diketahui, gunakan nilai 2.

A4.4 Tentukan wilayah toleransi keberterimaan dengan :

$$TZ = \pm 1,44(\sqrt{\sigma_{\text{site}}^2} + \sqrt{SE_{\text{ARV}}^2}) \quad (\text{A4.2})$$

Annex

(Mandatory Information)

A4 Calculation of acceptable tolerance zone (BAND) to determine conformance with a certified reference material

NOTE A4.1 These calculations are based on Practice D6617.

A4.1 Determine the standard deviation for site uncertainty, σ_{site} , from a laboratory quality control program. (See Practice D6299.)

A4.1.1 If the standard deviation for site uncertainty, σ_{site} , is not known, use the value 0,19%.

A4.2 Determine the combine extended uncertainty (CEU) of the accepted reference value (ARV) of the certified reference material (CRM) from the supplier's label or included documentation. In this test method, the CRM is the Certified Viscosity Reference Standard (CVRS) as defined in 9.2.

NOTE A4.2 Combined Extended Uncertainty (CEU) is equivalent to Expanded Uncertainty (U). See NIST Technical Note 1297.

A4.3 Calculate the standard error of the accepted reference value (SE_{ARV}) by dividing the CEU by the coverage factor, k, listed on the supplier's label or included documentation.

$$SE_{\text{ARV}} = \frac{CEU_{\text{ARV}}}{k} \quad (\text{A4.1})$$

NOTE A4.3 Standard Error (SE_{ARV}) is equivalent to Combined Standard Uncertainty (UC). See NIST Technical Note 1297.

A4.3.1 If the coverage factor, k, is not known, use the value 2.

A4.4 Construct the acceptable tolerance zone :

$$TZ = \pm 1,44(\sqrt{\sigma_{\text{site}}^2} + \sqrt{SE_{\text{ARV}}^2}) \quad (\text{A4.2})$$

A4.5 Contoh perhitungan rentang viskositas kinematik (*band*):

$$\sigma_{\text{site}} = 0,19 \% (\text{nilai dari A4.1.1}) \text{ (A4.3)}$$

$$CEU_{ARV} = 0,22 \% (\text{dari label atau dokumen CVRS})$$

$$k = 2 \text{ (dari label atau dokumen CVRS)} \text{ (A4.3)}$$

$$SE_{ARV} = \frac{0,22}{2} = 0,11 \quad (\text{A4.3})$$

$$TZ = \pm 1,44(\sqrt{0,19^2} + \sqrt{0,11^2}) = \pm 1,44(\sqrt{0,0361} + \sqrt{0,0121})$$

$$= \pm 0,32 \% \text{ (A4.3)}$$

A4.5.1 Pada contoh ini, rentang toleransi adalah $\pm 0,32\%$ dari hasil uji nilai standar bahan acuan viskositas bersertifikat atau tercantum pada label botol. Jika menggunakan CVRS (sebagai contoh) dengan viskositas kinematik 33,98 mm²/detik, TZ = 33,87 sampai 34,09 mm²/detik, dengan tingkat kepercayaan 95%. Pengukuran viskositas yang dilakukan dengan CVRS yang masuk dalam rentang toleransi (*band*) sebanyak 19 dari 20 kali pengukuran.

A4.5 Worked out example for kinematic viscosity zone(*band*):

$$\sigma_{\text{site}} = 0,19 \% (\text{default value from A4.1.1}) \text{ (A4.3)}$$

$$CEU_{ARV} = 0,22 \% \text{ (from the CVRS label or documentation)}$$

$$k = 2 \text{ (from the CVRS label or documentation)} \text{ (A4.3)}$$

$$SE_{ARV} = \frac{0,22}{2} = 0,11 \quad (\text{A4.3})$$

$$TZ = \pm 1,44(\sqrt{0,19^2} + \sqrt{0,11^2}) = \pm 1,44(\sqrt{0,0361} + \sqrt{0,0121})$$

$$= \pm 0,32 \% \text{ (A4.3)}$$

A4.5.1 In this example, the tolerance zone will be $\pm 0,32\%$ of the certified viscosity reference standard value on the report of test or bottle label. If this site uses a CVRS (for example) with a kinematic viscosity of 33,98 mm²/s, the TZ = 33,87 to 34,09 mm²/s, with 95 % certainty. Viscosity measurements made with this CVRS at that site should fall within that tolerance zone (*band*) 19 out of 20 times.

Ringkasan perubahan

Summary of changes

Subcommittee D02.07 telah mengidentifikasi lokasi perubahan terpilih dari standar ini sejak terbitan terakhir (D445-11) yang mungkin mempengaruhi terbitan standar ini. (Disetujui 1 Mei 2011)

Subcommittee D02.07 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D445-11) that may impact the issue of this standard. (Approved May 1, 2011.)

(1) Revisi Subpasal 6.4 untuk mendefinisikan persyaratan untuk pengukuran suhu elektronik.

(1) Revised 6.4 to define requirements for electronic temperature measurement

Subcommittee D02.07 telah mengidentifikasi lokasi perubahan terpilih dari standar ini sejak terbitan terakhir (D445-10) yang mungkin mempengaruhi terbitan standar ini (Disetujui 1 Januari 2011)

Subcommittee D02.07 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D445-10) that may impact the use of this standard. (Approved Jan. 1, 2011.)

(1) Revisi pada 3.3.3 dan 3.3.4 untuk pembaruan definisi

(1) Revised 3.3.3 and 3.3.4 to update definitions.

(2) Diskusi tambahan pada 3.3.4 untuk menyelaraskan antara definisi baru dan lama.

(2) Added discussions under 3.3.4 to provide continuity between the old and the new definitions.

(3) Referensi tambahan pada *International Vocabulary of Metrology*.

(3) Added reference to the International Vocabulary of Metrology.

Subcommittee D02.07 telah mengidentifikasi lokasi perubahan terpilih dari standar ini sejak terbitan terakhir (D445-09) yang mungkin mempengaruhi terbitan standar ini (Disetujui 1 Oktober 2010)

Subcommittee D02.07 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D445-09) that may impact the use of this standard. (Approved Oct. 1, 2011.)

(1) Revisi Lampiran A4 untuk mengklarifikasi istilah-istilah dan menambah contoh perhitungan.

(1) Revised Annex A4 to clarify terms and add a worked example.

(2) Revisi Subpasal 1.4 untuk mengklarifikasi satuan SI yang digunakan pada metode uji dan menambah referensi satuan untuk pengguna.

(2) Revised 1.4 to clarify SI units used in the test method and add units reference for users.